

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Projektová studie výrobního procesu aplikace transparentního  
nanopovlaku na roury**

Project Study of the Production Process Application Colourless  
Nanocoating on Pipes

Student:

Bc. Ondřej Pavlů

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

23. 5. 2011  
V Ostravě .....

  
.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z jiné strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4. autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

23. 5. 2011  
V Ostravě :.....

  
.....

Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Ondřej Pavlů

Adresa trvalého pobytu autora práce: Jeremenkova 30, 787 01 Šumperk

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PAVLŮ, O. *Projektová studie výrobního procesu aplikace transparentního nanopovlaku na roury*, Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava 2011. Diplomová práce, vedoucí: Podjuklová, J.

V teoretické části mé diplomové práce se zabývám problémem aplikací nátěru na povrch. Jsou zde zmíněny vhodné předúpravy základního materiálu, tak i jeho vlastnosti. Dále v této části práce popisuji vhodnou aplikaci nátěrových hmot, tak i jimi samotnými. Experimentální část je zaměřena na kvalitu adheze mezi válcovanými trubami a nanopovlakem na bázi fosforečnanu zinečnatého. Je zde proveden rozbor základního materiálu, ale i rozbor povlaku. Samotné vzorky jsou podrobeny mřížkové a křížové zkoušce a jejich výsledky porovnány a vyhodnoceny. Na základě těchto výsledků je v projektové studii navržena lakovna trub. Uvádím v ní všechny zařízení z celého procesu, popisuji technologii lakování a časy, kterými je linka charakterizovaná.

## ANOTATION OF THESIS

PAVLŮ, O. *Project Study of the Production Process Application Colourless Nanocoating on Pipes*, Department of Mechanical Technology VŠB – Technical University of Ostrava 2011. Thesis head: Podjuklová, J.

In the theoretical part of my thesis deals with problems of application of paint to the surface. Are there suitable pre-mentioned basic material and its properties. Also in this section, I describe the appropriate application of paints, as well as by themselves. The experimental part is focused on the quality of adhesion between the rolled and trumpets Nanocoatings based on zinc phosphate. There is an analysis of the basic material, but also an analysis of the coating. The actual samples are subjected to lattice and cross-examination and the results compared and evaluated. Based on these results, the proposed project design paint shop ovens. I give her all the facilities of the whole process, describe the technology of paint and time, which is characterized by line.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK**

ZP10	- obchodní označení pigmentu fosfátu zinku [-]
ČSN	- česká státní norma [-]
EN	- evropská norma [-]
ISO	- mezinárodní norma [-]
$\lambda_c$	- filtr, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti [mm]
$\lambda_s$	- filtr, který definuje rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln přítomných na povrchu [mm]
$\lambda_f$	- filtr, který definuje rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln přítomnými na povrchu [mm]
Ra	- průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [ $\mu\text{m}$ ]
Rz	- největší výška profilu [ $\mu\text{m}$ ]
Rq	- střední kvadratická úchylka profilu [ $\mu\text{m}$ ]
Rp	- největší výška výstupků profilu [ $\mu\text{m}$ ]
Rv	- největší hloubka prohlubní profilu [ $\mu\text{m}$ ]
Rsk	- šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie) [-]
Rku	- špičatost posuzovaného profilu [-]
Wt	- váhové množství [%]
O	- kyslík [-]
P	- fosfor [-]
Al	- hliník [-]
Si	- křemík [-]
Fe	- železo [-]
Zn	- zinek [-]
Mn	- mangan [-]

**Obsah**

1	ÚVOD .....	9
2	POVRCH MATERIÁLU .....	10
2.1	Vlastnosti povrchu .....	10
2.2	Mikrogeometrie povrchu .....	11
2.3	Drsnost povrchu materiálu.....	12
3	PŘEDBĚŽNÉ ÚPRAVY POVRCHU PŘED APLIKACÍ NÁTĚRU .....	14
3.1	Mechanické úpravy materiálu .....	14
3.1.1	Kartáčování .....	14
3.1.2	Otryskávání .....	15
3.2	Chemické úpravy materiálu.....	16
3.2.1	Odmašťování .....	17
3.2.2	Moření .....	18
4	NÁTĚROVÉ SYSTÉMY .....	19
4.1	Nátěrové hmoty a nátěry.....	19
4.2	Složení nátěrových hmot .....	20
4.2.1	Složky nátěrových hmot:.....	20
4.2.2	Antikorozní pigmenty .....	24
4.3	Aplikace nátěrových hmot.....	25
4.3.1	Nanášení nátěrových hmot štětcem.....	26
4.3.2	Nanášení nátěrových hmot vysokotlakým stříkáním .....	27
4.4	Současný stav aplikace nátěrových systémů na roury.....	27
5	NANOPOVLAKY A JEJICH VLASTNOSTI.....	28
6	NÁVRH METODIKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....	30
7	EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE.....	31
7.1	Experimentální materiál .....	31

7.2	Označení vzorků .....	32
7.3	Nátěrový systém .....	32
7.3.1	Chemický rozbor povrchu rour pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu (SEM mikroskopie).....	33
7.3.2	Chemický rozbor nanočástic fosfátu zinku ZP10.....	35
7.4	Fotodokumentace experimentálních vzorků.....	37
7.5	Hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3 .....	38
7.6	Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287 .....	39
7.7	Aplikace transparentního nátěru na roury .....	42
7.8	Vytvrzování nátěrů .....	42
7.9	Kontrola tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808 .....	43
7.10	Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou a křížovým řezem dle ČSN ISO 16276-2 .....	44
8	DÍLČÍ VYHODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ .....	52
8.1	Hodnocení povrchu základního materiálu .....	52
8.2	Chemický rozbor povrchu vzorků .....	52
8.2.1	Drsnost povrchu vzorků .....	53
8.2.2	Hodnocení zaprášení povrchu .....	55
8.3	Hodnocení povlaku.....	55
8.3.1	Tloušťka suché vrstvy .....	56
8.3.2	Mřížková zkouška .....	57
8.3.3	Křížová zkouška.....	58
9	PROJEKTOVÁ STUDIE PRACOVISTĚ.....	59
9.1	Popis návrhu technologie procesu .....	59
9.1.1	Dopravníkový systém.....	60
9.1.2	Předúpravy povrchu .....	63
9.1.3	Lakování.....	65
9.1.4	Sušení .....	66

9.2	Zabezpečení haly lakovny .....	68
9.2.1	Odvětrávání haly lakovny .....	68
9.2.2	Požární systém lakovny .....	68
9.3	Schéma lakovny .....	70
10	ZÁVĚR .....	72
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	74
	SEZNAM PŘÍLOH .....	77



# 1 ÚVOD

V dnešní době a to nejen ve strojírenství se klade velký důraz na rychlost, peníze a kvalitu. Takto se nároky na výrobní nástroje a materiály, ze kterých se vyrábí neustále zvyšují. Jenže ať již použijeme jakýkoliv materiál, vždy nedosáhneme optimálních vlastností, jako jsou tvrdost, elasticita, přilnavost, odolnost proti korozi a dalších. A tak do určité míry prodlužujeme a zlepšujeme tyto vlastnosti různými ochrannými povlaky či nátěry.

S povlaky a nátěry se v dnešní době setkáváme na „každém rohu“. Objevují se ve strojírenství (např. povlakování nástrojů, kde nám zvyšují životnost daného nástroje), chemickém, leteckém (např. maskovací vlastnosti) či automobilovém. Dále se to nějakým způsobem shrnout, povlaky a nátěry tedy plní vlastnosti jako estetické (různé barvy, zdrsňení/zjemnění), ochranné (proti korozi, zvýšení životnosti), apod.

V posledních letech se čím dál více rozvíjí obor nanotechnologie. Jedná se o vědní obor zabývající se nanočásticemi, kde velikost vstupních materiálů je  $10^{-9}$  m. Jeden nanometr je jedna miliardtina metru, tedy jedna miliontina milimetru. Pro představu je 100 nanometrů vůči fotbalovému míči ve stejném poměru jako fotbalový míč vůči zeměkouli. Nanotechnologie se tedy pohybuje v rozměrech atomů a molekul a umožní lidem dívat se na okolní svět v takových detailech, jaké jsou pro většinu z nás nepředstavitelné. V současné době se nanotechnologie využívá v mnoha oborech jako je: medicína, elektronika, stavebnictví, vojenský průmysl a v neposlední řadě ve strojírenství.

A tak s rozmachem nanotechnologií vznikají nové povlaky na bázi nanočástic, obohacené o unikátní vlastnosti. Například firma Mistral plus s.r.o. zabývající se prodejem a míchání barev, má ve svém sortimentu velké množství antikoročních nátěrů na kov založené právě na této technologii, například nátěr označený obchodním názvem Ferrantico.

Tato práce se zabývá problémem aplikace transparentních nátěrových systémů na roury včetně projektové studie pracoviště. Roury se používají na transport určitých tekutých látek a je velice důležité, aby byly povrchově chráněny z vnější strany z důvodu protikorozní ochrany.

## 2 POVRCH MATERIÁLU

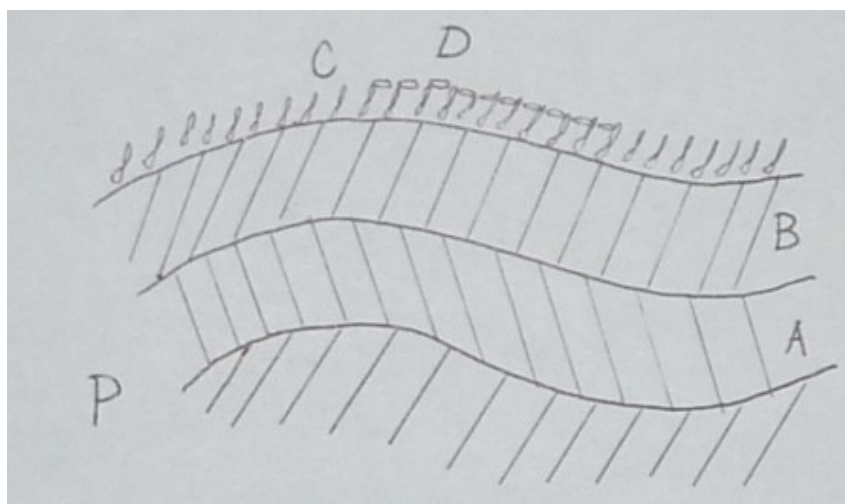
Vlastnosti těles více méně souvisí s povrchem, např. drsnost povrchu ovlivňuje další fyzikální vlastnosti (odraz světla, opotřebení atd.). Skutečný povrch je prostředníkem působení vnějších podmínek a je tedy nutno zabývat se i vlastnostmi nebo změnami materiálu pod povrchem[1]. Tuto část nazýváme povrchovou vrstvou, za to povlak vzniká nebo se vytváří na povrchu kovu nebo slitiny.

### 2.1 Vlastnosti povrchu

Povrchová vrstva je v kontaktu s prostředím. Může být:

- umělá - jedná se o povlak
- přírodní - jedná se o povrch

Čím menší je poréznost povrchu tím je lepší odolnost materiálu proti korozi. Pokud se povrch dokonale očistí, stává se reaktivním a při styku s atmosférou se velmi rychle pokrývá vrstvami atomů a molekul s různým složením, tloušťkou i hustotou.



Obr.1 Struktura povrchu

P – základní materiál (povrch kovu)

A – Směs kovu, oxidu a leštící pasty - tloušťka 100nm

B – Oxidová vrstva tloušťky 10 až 100 nm

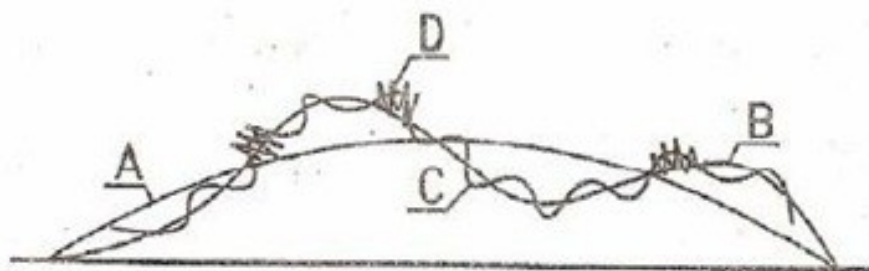
C – Absorbované tuky ve vrstvě tloušťky 2 až 5 nm

D – Vrstvička absorbovaných plynů (absorbovaný kyslík, popř. jiné plyny - 1nm)

Pokud dojde k poruše krystalografické mřížky, má materiál snahu znovu doplnit odstraněné krystaly z okolního prostředí, tím vznikají oxidické vrstvy.

## 2.2 Mikrogeometrie povrchu

Každý povrch má svoji mikrogeometrii a nikdy není dokonale rovinný. Tyto nerovnosti vznikají v důsledku působení vnějších sil nebo prostředí a při přípravě povrchu. Rozlišujeme tyto druhy nerovností:



Obr.2 Mikrogeometrie povrchu [2]

A – Mimořádné nerovnosti - makronerovnosti (trhliny, rýhy, nerovnosti výkovků a odlitků),

B – Vlnitost povrchu - vzniká při nedostatečném upnutí mezi obrobkem a nástrojem. Přenáší se chvění,

C – Drsnost povrchu - mikronerovnost - pravidelně se opakující, je podmíněna technologickým procesem,

D – Ultramikronerovnost- obsažena v krystalické mřížce.

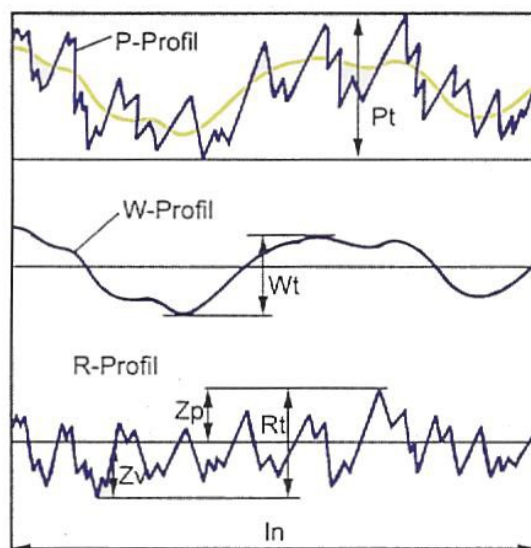
### 2.3 Drsnost povrchu materiálu

Drsnost povrchu se určuje podle druhu, vzhledu a hloubky stop, které na povrchu součásti zanechává nástroj po obrábění. Povrch součásti se porovnává s povrchem vzorku ze vzorkovnice, který je opracován na stejném typu stroje a to kvalitativně pomocí zraku nebo hmatu.

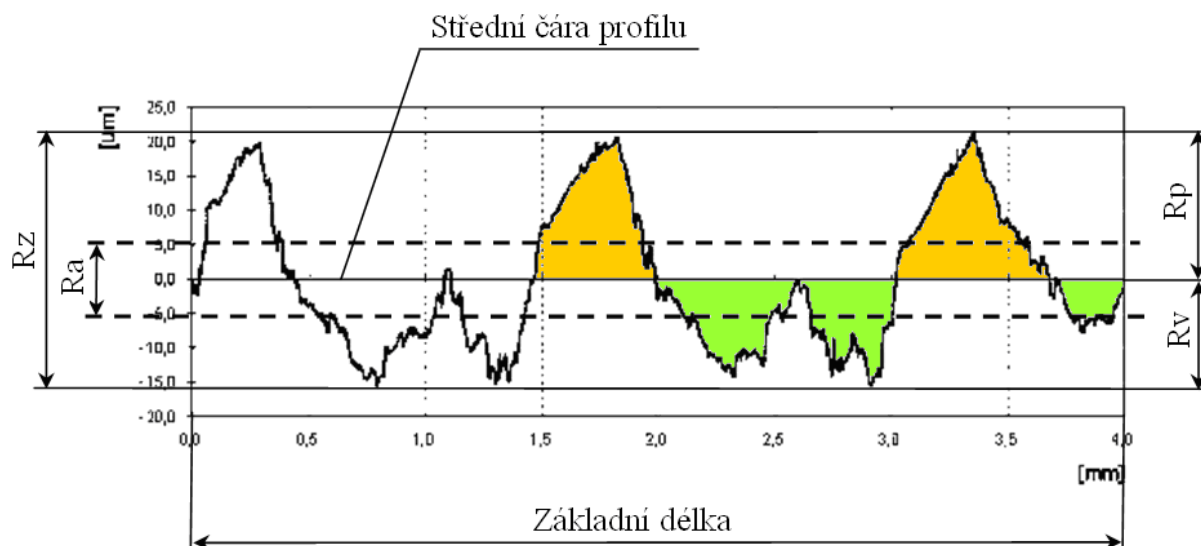
Při použití jakékoliv technologické metody vzniká na povrchu technických ploch nerovnost, která má velký význam při funkci těchto ploch. Protože povrch představuje prostorový útvar problém posuzování nerovností se řeší redukcí do roviny řezu rovinou kolmou k povrchu. Tím se získá profil, který je základním zdrojem informací.[28]

Rozteč příslušných nerovností charakterizuje strukturu povrchu a dělí ji na složky. Složka s nejmenší roztečí tvoří drsnost povrchu, dále existuje složka nazvaná vlnitost povrchu a největší rozteč nerovností určuje základní profil. Geometrické parametry definované normou ISO 4287:

- R – parametr vypočítaný z profilu drsnosti,
- W – parametr vypočítaný z profilu vlnitosti,
- P – parametr vypočítaný ze základního profilu.



Obr.3 Profil povrchu [3]



Obr.4 Parametry profilu [4]

**Základní délka  $l_r$**  – délka ve směru osy  $x$  používaná pro rozpoznání nerovností charakterizující daný profil.

**Vyhodnocovaná délka  $l_n$**  – délka ve směru osy  $x$  na které se profil vyhodnocuje.

**Ra** – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [ $\mu\text{m}$ ]

**Rz** – největší výška profilu [ $\mu\text{m}$ ]

**Rp** – největší výška výstupku profilu [ $\mu\text{m}$ ]

**Rv** – největší hloubka prohlubně profilu [ $\mu\text{m}$ ]

Drsnost povrchu má poměrně velký vliv na korodaci materiálu. Platí, že čím více drsnější povrch je, tím více je náchylný ke korozi.

### **3 PŘEDBĚŽNÉ ÚPRAVY POVRCHU PŘED APLIKACÍ NÁTĚRU**

Povrch kovů je znečištěn látkami vázanými k povrchu mechanicky (mastnoty, zbytky past, mazadel, prach apod.) nebo látkami vázanými chemicky (oxidy, rez, okuje a pod.)[3]. Je nutné před nanášením povlaku důkladně očistit či tepelně upravit povrch materiálu na který posléze budeme aplikovat nátěr. Povlaky jsou totiž citlivé na čistotu podkladového materiálu. Mechanicky vázané nečistoty odstraňujeme odmašťováním, chemické pak mořením či otrýskáváním, broušením, omíláním. S použitím těchto úprav dostáváme i vhodnou mikrogeometrii a mikrostrukturu povrchu.

#### **3.1 Mechanické úpravy materiálu**

Tyto mechanické úpravy nám slouží k očištění materiálu od okují. Při použití těchto úprav nám vytváří vhodné podmínky pro zakotvení povlaku. Zlepšují se i mechanické vlastnosti jako zvýšení pevnosti, meze únavy. V poslední řadě nám dotváří i vzhledové podmínky.

Základní mechanické úpravy rour se řídí podle druhu výroby. Pokud jsou válcované za studena tak se neupravují. Za to na rourách bezešvých válcovaných za tepla vznikají oxidy, proto je v některých případech dobré povrch rour mechanicky upravit a to kartáčováním nebo otrýskáváním.[29]

##### **3.1.1 Kartáčování**

Jedná se o mechanickou povrchovou úpravu. Používá se pro odstranění nečistot (rzi) nebo nátěrů. Zde se používají kartáče ocelové. Kartáče s jemnými dráty se používají pro matovou úpravu povrchu. K čištění kartáčů používáme moření, odmašťování. Dále se kartáčování používá před leštěním a to z důvodů vytvoření jemnější vrstvy. Umělé a přírodní kartáče mazané brusnými pastami.[29]

- Ruční kartáčování – Je to jedno z nejjednodušších a nejlevnějších čištění povrchu. Provádí se ocelovým nebo drátěným kartáčem. Výhodou je především jeho dostupnost za různých podmínek. Nevýhodou pak je pracný ruční postup.
- Strojní kartáčování – Oproti ručnímu kartáčování se jedná o razantnější očištění povrchu. Dochází k viditelnému úběru vystouplých hran, především ve spojení s hrubými kotouči. Kotouče se prodávají o různých tipech vláken.

### 3.1.2 Otryskávání

Jedná se o mechanickou úpravu povrchu, při kterém se tryskaný materiál vrhá proti povrchu součásti. Je to způsob mechanického opracování povrchu substrátu, u kterého tryskáci prostředek jako nástroj vyvolává při dopadu v jeho povrchových vrstvách kvalitativní přeměny, při čemž vzniká charakteristická morfologie povrchu. Z hlediska uspořádání nerovností patří otryskaný povrch do skupiny neorientovaných.[29] Povrch je dán především tvarem tryskaného materiálu:

- kulatý – z části se nečistoty zatlačují
- ostrý – částečně odstraňuje i kov

Na mikrogeometrii tryskané součásti má dále vliv tvrdost, zrnitost, druh materiálu a hmotnost zrna. Na množství úběru má největší vliv:

- úhel dopadu (čím více kolmo tím větší úběr)
- rychlost letu
- tvrdost substrátu

#### Otryskávací materiály

- druh materiálu volíme dle upravovaného povrchu
- výkon tryskání reaguje: velikost zrn, tlakem, druhem mat., úhlem a vzdáleností, velikostí trysky
- používají se např. broky, kuličky, voda suchý led, drcené slupky ořechů, sekaný drát.



Obr.5 Litinový granulát [5]



Obr.6 Sekaný drát [5]

Další mechanické předúpravy povrchu před aplikací nátěrových systémů na kovový podklad mohou být:

- **broušení**
- **leštění**
- **omílání**

### 3.2 Chemické úpravy materiálu

Jsou to chemické úpravy povrchu, při kterých na povrchu materiálu reagují chemická činidla s nečistotami. Patří zde:

- **odmašťování**
- **moření**

Tyto mechanické úpravy nám slouží k očištění materiálu od nečistot a zároveň nám tak připravují povrch pro různé druhy povlaků.



### 3.2.1 Odmašťování

Dělí se podle použitého prostředku na:

- odmašťování v alkalických roztocích
- odmašťování v organických rozpouštědlech

#### a) odmašťování v alkalických roztocích

Odmašťování rostlinných a živočišných tuků:

Jedná se o složitý proces, kde dochází k neutralizaci mastné kyseliny a přecházejí jako rozpustné mýdla do roztoku. Povrchově aktivní mýdla snižují povrch. napětí mezi roztokem a mastnotou.

Odmašťování minerální mastnoty:

Zde probíhá odmašťování hůře z důvodů toho, že se nezmýdelňují. Probíhá při zvýšené teplotě, kde se míchají jeho drobné kapičky do odmašťovadel. Odmašťovací přípravky obsahují aktivní látky (tenzidy) a alkalické přísady byly nahrazeny boritany a polyfosfáty. Kvalita odmašťování je zvýšena díky alkalickým látkám, pracujeme při nižších teplotách a tím snižujeme spotřebu energie. Díky použití tenzidů se snížila hodnota pH.[29]

Zařízení pro odmašťování:

- vanová – pro ponorné odmašťování
- postřiková – lepší odmašťovací účinek
- bubnová – pro drobnější prostředky

#### b) odmašťování v organických rozpouštědlech

Celkem používaná metoda, která se používá tam, kde není možné použití alkalických roztoků. Používá se pro předběžné čištění povrchů od olejů či tuků. Ideální rozpouštědlo by nemělo být jedovaté, hořlavé a mělo by rozpouštět všechny druhy nečistot. Po odstranění

nečistot naftou, musíme potom použít odmašťování benzínem nebo v chlorovaných uhlovodících.[29]

Další metody odmašťování:

- c) elektrické odmašťování**
- d) odmašťování v neutrálních roztocích**
- e) odmašťování v emulzních roztocích**
- f) opalováním**
- g) vysokotlaké kapalinné odmašťování**

### **3.2.2 Moření**

Používá se pro odstranění rzi, okují a k aktivaci povrchu před dalšími technologickými operacemi. Nejčastěji se používají kyselina sírová a chlorovodíková, méně pak kyselina fosforečná.

- a) moření v kyselině sírové**
- b) moření v kyselině solné**
- c) moření v kyselině fosforečné**

## 4 NÁTĚROVÉ SYSTÉMY

K nejvýznamnějším povrchovým úpravám patří nátěrové systémy. Podíl technologií zhotovování organických povlaků na celkovém vytváření povlaků a povlakovaných systémů povrchových úprav je odhadován na 90%.[29]

### 4.1 Nátěrové hmoty a nátěry

Nátěrové hmoty jsou ty, které se nanášejí na povrch materiálu v tekutém, práškovém či těstovitém stavu. Hmota je nanášena v jedné či několika zaschlých vrstvách tak, aby vytvořil souvislou vrstvu. Mezi složky nátěrového systému řadíme vhodnou kombinaci nátěrů, podsystémy technologie zhotovování, kontroly jakosti a jiné.[6]

Podle účelu nátěru dělíme nátěry na:

- ochranné (odolný při vyšší teplotě, mořské vodě, chemickému prostředí)
- maskovací
- dekorativní
- signální
- speciální (elektrovodivý, světélkující)

V současné době se aplikují na roury transparentní povlaky na bázi alkydové pryskyřice s přidáním nanočástic fosforečnanu zinečnatého (s obchodním označením ZP 10). Jedná se o transparentní vodouředitelný nátěrový systém bez obsahu VOC látek. Tento antikorozní základní nátěr se používá např. jako dočasná antikorozní ochrana pro železo a ocel.

## **4.2 Složení nátěrových hmot**

Nátěrové hmoty se dělí na:

- Transparentní – průhledný nátěrový film, nazývá se lak nebo fermež
- Pigmentované – neprůhledný film, nazývá se email, tmel, barva

### **4.2.1 Složky nátěrových hmot:**

Základními složkami nátěrových hmot jsou:

#### **Filmotvorné složky (pojiva)**

Jsou to netěkavé látky, vytváří tenkou souvislou vrstvu se schopností navázat dispergované částice pigmentu a plniv v zaschnutém filmu. Pojiva se od sebe odlišují různými chemickými nebo fyzikálními vlastnostmi. Kombinací filmotvorných látek dosahujeme požadovaných vlastností nátěrů.

Mezi filmotvorné látky patří:

- vysychavé oleje (makový lněný, konopný aj.)
- umělé živice (alkidy, silikony, akryláty, polystyrény aj.)
- přírodní živice (jantar, kalafuna, kopal aj.)
- deriváty celulózy (nitrocelulóza, etylcelulóda, acetylcelulóza aj.)
- deriváty kaučuku (chlorkaučuk, cyklokaučuk)
- asfalty (přírodní asfalty, bitumeny, smoly)

**Těkavé složky (rozpouštědla)**

Používají se k rozpouštění filmotvorných látek a jsou voleny tak aby konzistence nátěru byla vhodná k nanášení a vytvoření stejnoměrného filmu bez povrchové struktury.

- benzíny (lakový, extrační)
- alkoholy (metanol, etanol, izopropylalkohol)
- ketony (aceton, metyletylketon)
- estery kyseliny octové
- terpentýnové silice

**Plnidla**

Jde o minerální látky (křída, mastek, těživec) nerozpustné v pojivech. Ovlivňují technologické vlastnosti povlaků. Například zabraňují smrštění filmu po zaschnutí.

**Aditiva**

Jedná se o přísady do nátěrových hmot obsahující vyschlé oleje. Slouží při výrobě olejových fermeží a glyptalových nátěrových hmot. Základní účinnou složkou je kovové mýdlo nebo jeho roztok v organických rozpouštědlech.

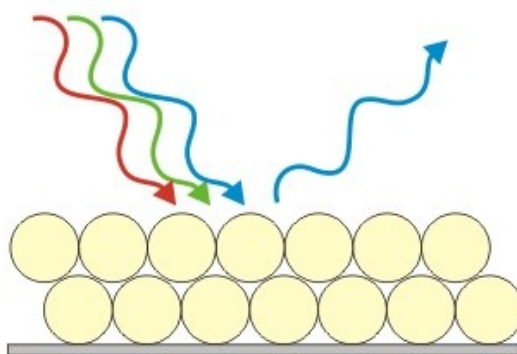
**Pigmenty**

Jsou to organické a anorganické částičky jemně rozptýleny v pojivě. Dávají nátěrům barevný odstín, tvrdost, krycí schopnost, snižují stárnutí nátěrů, zvyšují jeho tepelnou a korozní odolnost.[29]

Hlavní vlastností pigmentu je barevnost a krycí schopnost. Krycí schopnost umožňuje nepropustnost světla. Časem nátěr mění svůj odstín, barevnou sytost a to je způsobeno slunečními paprsky. Pigment mění barvu odraženého světla. Je to dáno selektivním

pohlcováním určitých vlnových délek, výsledná barva je dána spektrem odražených vlnových délek.[7] U anorganických pigmentů se mění odstín a tmavnutí, za to u organických pigmentů to pak zpravidla bývá změna barevnosti a sytosti. Hlavními faktory ovlivňující barevnost jsou chromofory, což jsou atomy nebo ionty nesoucí barevný účinek. Dále pak autochromů, ty ovlivňují barevnost a chromogenů nositelů krvotvorných látek. Je třeba aby pigmenty byly dokonale chemicky čisté. Pokud by došlo k aplikaci chemicky nečistých pigmentů způsobilo by to nežádoucí změnu barvy. Dalším důležitým prvkem ovlivňující sytost a barevnost je správná krystalografická struktura.

Druh pigmentů je třeba vhodně volit podle toho, v jakém prostředí chceme aplikovat nátěr. Pro agresivní prostředí je např. dobrý titaničnan olovnatý, titanová běloba, železné slídy aj. A např. zinková běloba je vhodná na nátěry vystavené slunečnímu záření (nepropouští ultrafialové paprsky – snižuje stárnutí), za to nevhodná prostředí chemických.[29]



Obr.7 Vznik barvy odražením vlnových délek [7]

Dělí se do tří skupin: [29]

- **Inhibitorové pigmenty**

Ochranný účinek je v pasivaci povrchu železa vytvořením těžkorozpustných sloučenin. Tyto pigmenty se používají především k výrobě základových barev. (suřík, kyanid olovnatý, zinkový prach, aj.)

- **Neutrální pigmenty**

Zlepšují fyzikální vlastnosti vrchních nátěrů, které se vyrábí pomocí těchto neutrálních pigmentů. (titanová běloba, zinková běloba, chroman olovnatý, aj.)

- **Stimulující pigmenty**

Mají dobrou elektrickou vodivost, a při přítomnosti elektrolytu urychlují korozi. Používají se na pigmentaci ochranných nátěrů a to díky malé chemické slučivosti.

### **Titanová běloba $\text{TiO}_2$**

V současné době máme několik polymorfních druhů oxidu titaničitého se stejným krystalochemickým vzorcem. Jako pigment se používá  $\text{TiO}_2$  se strukturou anatasu a rutilu. Jedná se o nejrozšířenější pigment s nejlepší krycí mohutností ze všech bílých pigmentů. Jde o stálý pigment odolný vůči kyselinám i zásadám a není toxický.[7]

Má široké pole užití a tak se titanová běloba používá do nátěrových hmot (především v chemicky odolných nátěrech), farmacii, plastů, smaltů aj. Často se používá do směsných bělob spolu se síranem uhličitým, maskem, oxidem nebo sulfidem zinečnatým.[7]

- Nano-oxid titaničitý – jedná se o velmi perspektivní materiál. Velikost pigmentů sahá pod hranici 100 nm, kde nabývá zcela nových unikátních vlastností.[7]



Obr.8 Oxid titaničitý [8]

### **Zinková běloba ZnO**

Jedná se o bílý pigment absorbující UV záření, index lomu je 2,0 a kryvost je nižší než u olovnaté běloby s podobným indexem lomu. Je dobře rozpustitelný v kyselinách i zásadách (i v kyselině octové nebo zředěném amoniaku), se sírou reaguje beze změny a je dobře mísitelný s ostatními pigmenty. Jde o netoxický a na světle stálý pigment.[7] Připravuje se z kovového zinku žháním za přítomnosti vzduchu nebo žháním zinkových hmot.

Její uplatnění se nachází, díky dobré stálosti za světla, ve venkovních nátěrech a tak je ze všech ostatních bělob právě k tomuto účelu nejvíce využívána (bělost zachovává v akvarelu ale i v oleji). Vrstvy této běloby jsou velmi tvrdé a nepružné.[7]

#### **4.2.2 Antikorozní pigmenty**

Užívají se k ochraně kovů před korozi nejčastěji způsobené povětrnostními vlivy. Dříve byly využívány především zinková žluť a minium, ovšem od těchto pigmentů se upustilo z důvodů toxicity olova. A tak byly nalezeny nové netoxické a však s o něco nižším antikorozním účinkem.

#### **Fosforečnan zinečnatý**

Je to jeden z nejpoužívanějších antikorozních nátěrových hmot na bázi fosforečnanů, který se svými vlastnostmi blíží inhibičně účinným chromanovým pigmentům.[9]

Inhibiční efekt fosforečnanu zinečnatého a ostatních fosfátových pigmentů, je založen na působení vlhkosti, díky ní dochází k pomalé postupné hydrolyze fosfátu, přičemž vznikají hydroxid zinečnatý a sekundární fosfátové ionty, které mají schopnost vytvářet ochranné vrstvy především v anodické oblasti koroze.[9]

Výroba fosforečnanu zinečnatého spočívá ve srážení zinečnatých solí v kyselině fosforečné nebo na srážení zinečnatých solí a rozpustných fosforečnanů.[9]



Krystalová voda je důležitá pro antikorozi účinky fosforečnanu zinečnatého, díky níž pigment vytváří heterokyseliny, které reakcí s hydroxilovými nebo karboxylovými skupinami pojiva a povrchem kovu (Fe) tvoří rozpustné inhibiční komplexy.[9]

#### 4.3 Aplikace nátěrových hmot

Jedny z nejdůležitějších faktorů ovlivňující jakost a celkovou životnost nátěrů je vhodná volba technologie nanášení. Z velké škály způsobů nanášení nátěrových hmot je třeba zvolit vhodný způsob, protože každý má své výhody a nevýhody. Dále je třeba přihlížet hlavně k povaze nátěrové hmoty, povaze natíraného předmětu a dalším podmínkám, při kterých se nátěr provádí jako jsou: [29]

- velikost a tvar upravovaných předmětů
- finální vlastnosti zhotovovaného materiálu (vzhled, tloušťka)
- kvalita povrchu materiálu (čistota, pórovitost)
- vlastnosti nátěrových hmot (rychlost zasychání, slévatelnost, tekutost rozpouštědel)
- pracnost a ekonomie

##### Druhy nanášení nátěrových hmot:

- štětcem
- vysokotlakým stříkáním
- stříkáním ohřátých nátěrových hmot
- pneumatickým stříkáním
- navalováním

- máčením
- poléváním
- pomocí elektrických sil
- elektroforézní
- kataforézní

#### 4.3.1 Nanášení nátěrových hmot štětcem

Jedná se o jednu z nejrozšířenějších technologií nanášení a je hojně využívána pro nátěry členitých, zabudovaných konstrukcí, opravách nátěrů aj. Je to univerzální a jednoduchá technologie umožňující nátěry předmětů libovolné velikosti a tvaru. Je využívána především pro zhotovování základních nátěrů, kde se klade důraz na přilnavost, ta je způsobena mechanickým rozpracováním a zatlačením nátěru do pórů natíraného předmětu. S touto metodou je možné pracovat s barvami obsahující olovnaté pigmenty nebo jiné toxické látky. Výhodou této metody je dosažení stejnoměrné tloušťky nátěrů na hranách, dále pak minimální ztráty nátěrové hmoty. Mezi nevýhody pak patří velká pracnost a malý výkon. Používají se kulaté nebo ploché štětce.[29]



Obr.9 Nátěr štětcem [10]

#### **4.3.2 Nanášení nátěrových hmot vysokotlakým stříkáním**

Při tomto způsobu je rozprašována nátěrová hmota zařízením pod tlakem 1 až 30 MPa. Jedná se o jednu z nejproduktivnějších metod a tak je velmi rozšířená. Je vhodná pro nanášení velkých a členitých ploch jako jsou např. mostní konstrukce, lodě, nábytek aj. Výhodou této metody je větší tloušťka nátěru, nátěrová hmota se dobře proniká i do úzkých spár, úspora nátěrových hmot až o 30 % a díky použití nátěrové hmoty s vyšší konzistencí se snižují spotřeby ředidel a jedovatých výparů. Nátěrová hmota je stříkána vysokou rychlostí (neodráží se) a je třeba s pistolí rychle pohybovat aby nedošlo k nadměrnému množství nátěrové hmoty.

#### **4.4 Současný stav aplikace nátěrových systémů na roury**

Jak jsem se již zmínil v kapitole 4.1., v současné době se aplikují na roury transparentní povlaky na bázi alkydové pryskyřice s přidáním nanočástic fosforečnanu zinečnatého (s obchodním označením ZP 10).

Tento antikorozní základní nátěr se v praxi na roury aplikuje natíráním pomocí štětce a vysokotlakým stříkáním.

## 5 NANOPOVLAKY A JEJICH VLASTNOSTI

Předpona „nano“ je odvozena z řeckého jazyka a vyjadřuje nám velmi malou jednotku a to  $1 \cdot 10^{-9}$  m.

Nanotechnologie je společným názvem, který sdružuje další obory nanovědy a nanotechnologie. Zabývá se vývojem nových struktur a vlastností o velmi malých velikostech  $1 \cdot 10^{-7}$  až  $1 \cdot 10^{-9}$  m. Konstrukčními prvky jsou molekuly nebo i atomy. A tak nám tato věda umožňuje vytvářet prvky s výbornými vlastnostmi, které bychom jen těžko vytvářeli s materiály o tradičních velikostech.[11]

Povlaky obsahující nanočástice se používají k ochraně konstrukčních materiálů před korozí, k samočištění povrchu, k zajištění neorošování povrchu a na antibakteriální ochranu. Je důležité zvolit vhodnou velikost, tvar a rozmístění nanočástic v pojivu tak, aby výsledný nátěr vykazoval lepší vlastnosti. K tomuto zlepšení se využívá nanoprášků kovu  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ , sulfátu barviva, ale je možné použít i organické prášky. Konkrétně nanovrstva  $\text{TiO}_2$  za přítomnosti UV světla je příkladem toho, jak lze zajistit samočištění povrchu. Povlaky obsahující nanočástice stříbra se běžně používají ve filtrech v klimatizačních jednotkách, chladničkách, vysavačích a prackách.[12]

Jak už jsme tedy zmínili, nanopovlaky mají spoustu unikátních vlastností, kterých bychom s běžnými povlaky jen těžko dosáhli. Nanopovlaky tedy mohou nabývat těchto vlastností:

### **Samočistící schopnosti (Easy to clean)**

Povrch je odolný proti mastnotám, obvyklým nečistotám, odpudivý vůči vodě a olejům a je neleptavý. Při oplachu vodou, ať již deštěm nebo hadicí dochází s takzvanému samočisticímu efektu. Nečistoty se nabalují na kapky vody a stékají po materiálu. Díky této vlastnosti není potřeba používat čisticidel a saponátů. Šetří se tak čas a peníze investované do různých čisticích prostředků a také šetří životní prostředí.[13]

**Ochrana proti korozi**

Po nanesení na materiál se vytvoří ochranný film, který zabraňuje korozi a jejího šíření. U nanopovlaků hrají hlavní prim pigmenty o nanovelikostech. Ošetřením předmětů a ploch nanopovlaky se několikanásobně zvyšuje jejich životnost.[13]

**Impregnace – odpudivost vody a olejů**

Snižuje se sací schopnost materiálu. Voda i oleje vytvářejí na povrchu kapky podobné kapkám rtuti a stékají, aniž by došlo k promočení.[13]

**Odolnost proti oděru a poškrábání**

Předměty se stávají mechanicky i chemicky odolné proti otěru a poškrábání. U plastů se odolnost snižuje až na úroveň minerálního skla.[13]

**Ochrana proti opotřebení materiálu**

Povlak chrání před povětrnostními, chemickými i mechanickými vlivy a před ultrafialovým zářením. Prodlužuje tak životnost ošetřených předmětů a ploch. U dřeva zpomaluje jeho tlení.[13]

**Odolnost proti bakteriím a plísním**

Ošetřené povrchy nedovolují usazování bakterií a plísní na povrchu, děje se tak proto, že povlak vytváří nanopóry kterými povrch „dýchá“ a zabraňuje vzniku vlhkosti. Povrchy a předměty se tak stávají hygienicky čistými a zdravě nezávadnými.[13]

## 6 NÁVRH METODIKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

- Projektová studie pracoviště
- Experimentální materiál - za tepla válcované bezešvé roury o rozměrech 100 x 150 x 63 mm vyrobené z materiálu S355J2H
- Příprava vzorků - povrch vzorků nebyl upraven
- Chemický rozbor povrchu vzorků pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu a chemický rozbor nanočástic fosfátu zinku ZP10
- Čistota povrchu dle ČSN EN ISO 8501-1 (vizuálně)
- Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287 (drsnoměrem Mitutoyo Surftest – 301)
- Hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3
- Aplikace transparentního nátěru na roury - štětcem a vysokotlakým stříkáním
- Stanovení tloušťky mokrého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
- Stanovení tloušťky suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
- Zkoušky nátěru - Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou a křížový řez dle ČSN ISO 16276-2

## 7 EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE

### 7.1 Experimentální materiál

Pro experimentální měření byl použit materiál S355J2H. Měření bylo provedeno na vzorcích za tepla válcovaných bezešvých trub o rozměrech 100 x 150 x 6,3 mm. Tyto vzorky byly dodané firmou VÁLCOVNA TRUB TŽ, a.s. Tento materiál se používá pro výrobu v oblastech výstavby produktovodů, výroby energetických zařízení, chemického průmyslu, automobilového průmyslu, strojírenství a stavebnictví. Dominantní postavení mají olejářské trubky Casing a Line Pipe pro těžbu ropy, zemního plynu a geologický průzkum.

Tab.1 Mechanické vlastnosti oceli S355J2H

norma	jakost	Tepelné zpracování	Re min (MPa)			Rm (MPa)	Tažnost (%)	KV (J)	Teplota použití
			T do 16 mm	T od 16-40	T od 40-65				
EN 10210-1	S355J2H	U,N	355	345	335	470-630	22	L = 27 (-20°C)	300

Tab.2 Chemické složení oceli S355J2H

C	Mn	Si	P	S	Al
max. 0,22	max. 1,60	max. 0,55	0,03	0,03	min. 0,02

## 7.2 Označení vzorků

Vzorky byly označeny dvěma písmeny a jedním číslem. Kdy číslo nám označovalo procentuální hodnotu nanonátěru. Druhé písmeno pak typ nátěru a poslední typ aplikace nanonátěru na vzorek.

### První sada vzorků: 8N-N

- 8 = 6 - 9 % obsah ZP10
- N = nanonátěr
- N = nátěr provedený nástřikem

### Druhá sada vzorků: 8N-S

- 8 = 6 - 9 % obsah ZP10
- N = nanonátěr
- S = nátěr provedený štětcem (natřený)

## 7.3 Nátěrový systém

Byly provedeny experimentální zkoušky s nátěrovým systémem, ve kterém jsou částice o obsahu 6 - 9%. Jedná se o částice sloučeniny fosfátu zinku s obchodním označením ZP10. Rozměr částic byl připraven na Institutu fyziky, Hornicko-geologické fakulty, VŠB – TU Ostrava, tryskovým mletím na tryskovém vertikálním mlýně STURTEVANT a aplikován do pojiva dodaného firmou DENAS COLOR, a.s.



### 7.3.1 Chemický rozbor povrchu rour pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu (SEM mikroskopie)

Chemický rozbor byl proveden v centru nanotechnologií nacházejícího se ve VŠB-TU Ostrava. Chemické složení vzorku bylo provedeno na elektronovém mikroskopu.

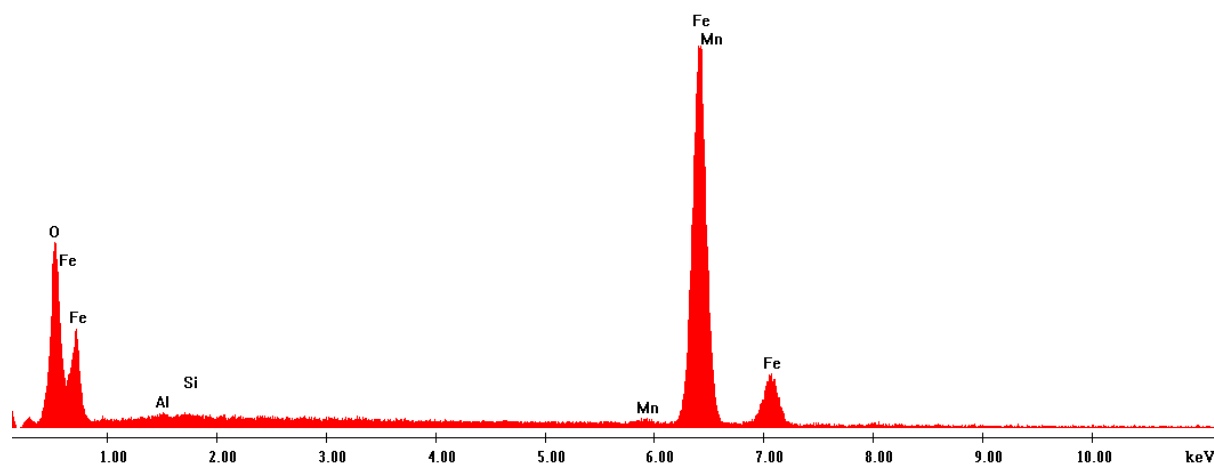
Jedná se o elektronkový mikroskop, který pro zobrazení předmětů využívá vlnových vlastností elektronu. Oproti klasickému optickému mikroskopu využívá pro zvětšení svazek elektromů. Oproti světlu má elektron tu výhodu, že jeho vlnová délka je kratší a tudíž můžeme sledovat menší předměty, než za pomoci světla. [19].

SEM se využívá především jako mikroskopická technika v nejběžnějším slova smyslu, tedy technika sloužící ke zviditelňování topografických detailů a morfologie fází přítomných ve struktuře vrstev. Hlavní výhodou SEM je mimořádná hloubka ostrosti, větší až asi 3000x než SM (světelná mikroskopie). Hlavní pracovní možností SEM je identifikace strukturních fází, tedy krystalová stavba a chemické složení[19].

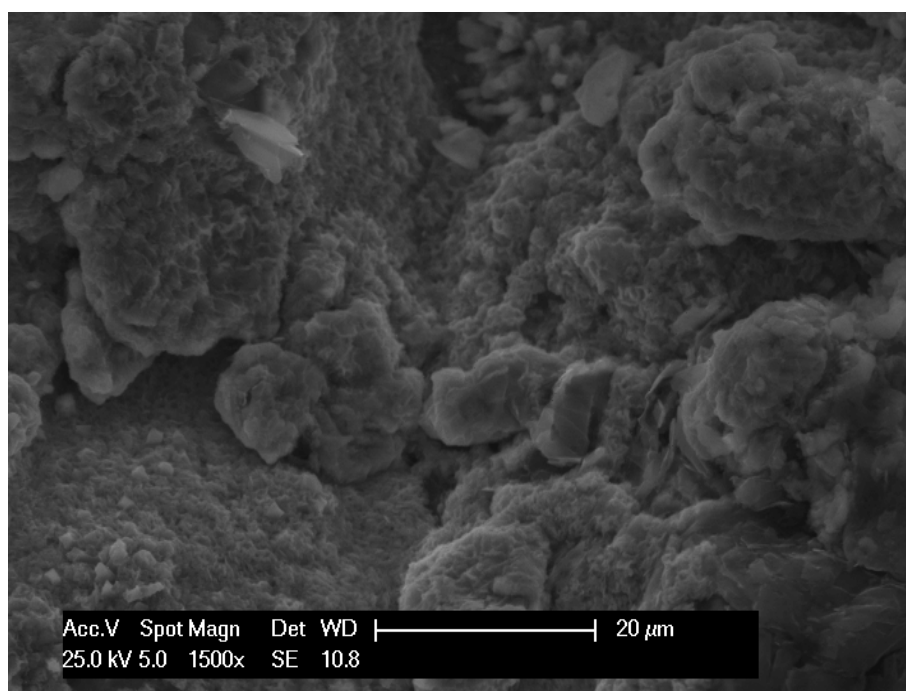
Tab.3 Chemický rozbor povrchu roury – materiál S355J2H

Chemický rozbor povrchu roury	
Prvek	Wt (%)
O	34,18
Al	0,64
Si	0,54
Mn	0,81
Fe	63,83

*Legenda Wt – váhové množství*



Obr.10 Vyjádření chemického rozboru povrchu roury graficky v pících



Obr.11 Struktura nanočástic povrchu roury

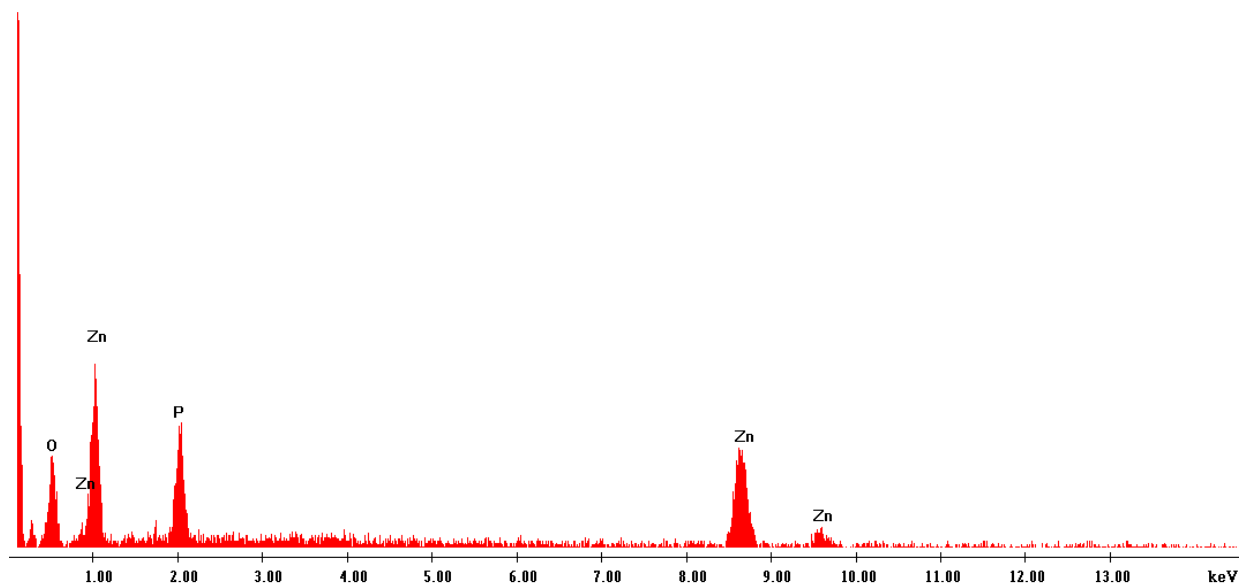
### 7.3.2 Chemický rozbor nanočástic fosfátu zinku ZP10

Chemický rozbor nanočástic ZP10 byl proveden v centru nanotechnologií nacházejícího se ve VŠB-TU Ostrava.

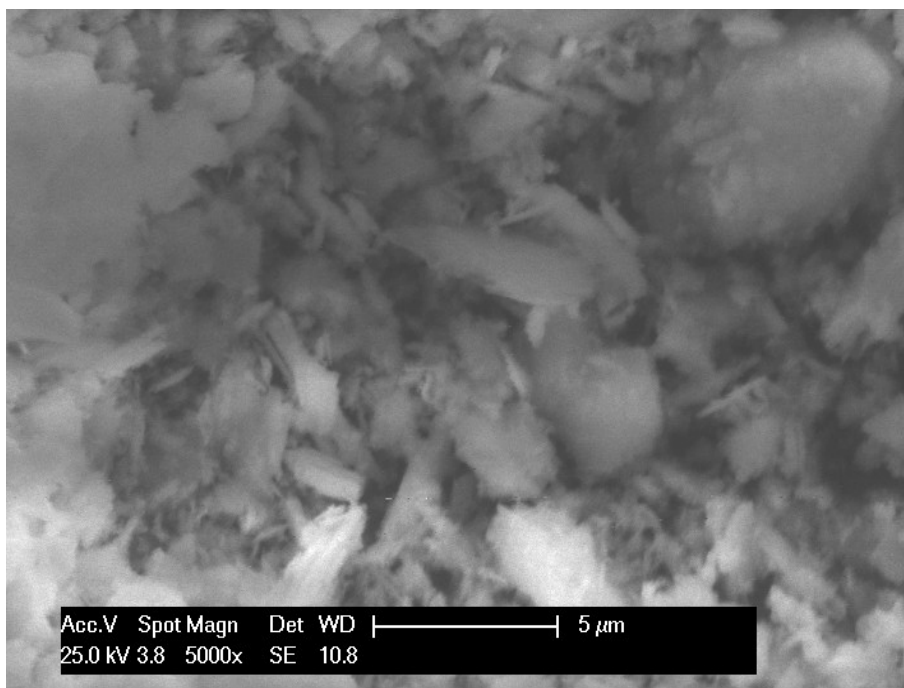
Tab.4 Chemický rozbor nanočástic fosfátu zinku (obchodní označ. ZP10)

Chemický rozbor nanočástic fosfátu zinku	
Prvek	Wt (%)
O	38,36
P	15,24
Zn	46,40

*Legenda Wt – váhové množství*



Obr.12 Vyjádření chemického rozboru nanočástic fosfátu zinku ZP10 graficky v pících



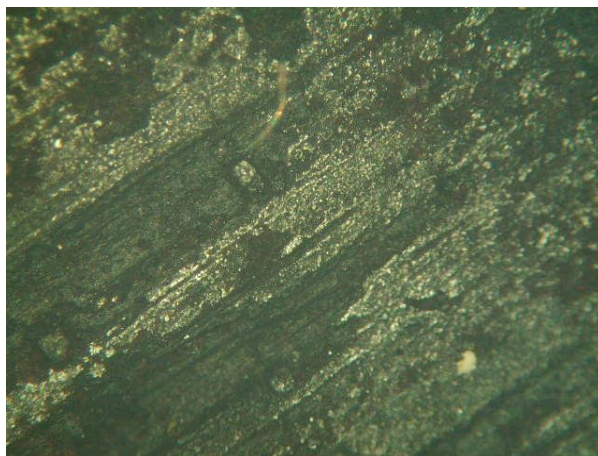
Obr.13 Struktura nanočástic fosfátu zinku ZP10 (zvětšeno 5000x)

#### 7.4 Fotodokumentace experimentálních vzorků

Vzorek - za tepla válcované bezešvé trubky



Obr.14 Povrch trub (naměřeno na mikroskopu NEOPHOT 2)



Obr.15 Detail povrchu trub (naměřeno na mikroskopu NEOPHOT 2, zvětšeno 100x)

## 7.5 Hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3

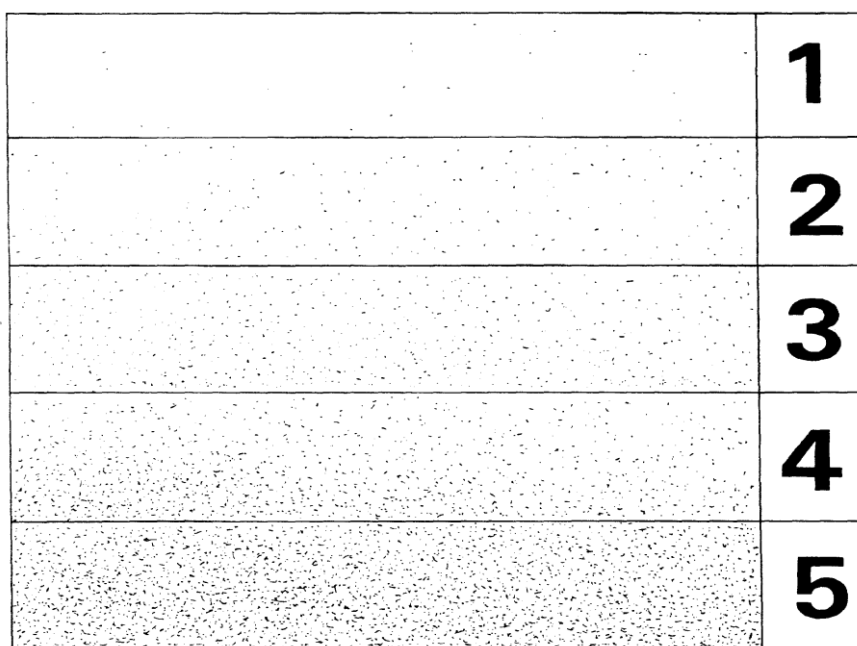
Norma popisuje metodu pro stanovení zbytků prachu na očištěném ocelovém povrchu, připraveném pro natírání. Součástí je obrazová příloha hodnocení průměrného množství prachu a popis stupňů hodnocení průměrné velikosti prachových částic.[21]

K vyhodnocení této zkoušky jsem použil průhlednou adhézní pásku o šířce 25 mm. Pásku jsem nalepil na ocelový povrch vzorku trubky a sejmul zhruba pod úhlem 180°. Sejmutou pásku jsem poté nalepil na bílý papír. Pak jsem vyhodnotil velikost a množství prachových částic.

Dle obr.16 jsem u trub stanovil stupeň zaprášenosti povrchu vzorků **5** a dle tab.5 jsem určil třídu velikosti prachových částic **4**.

Tab.5 Třídy velikosti prachových částic [21]

<b>Třída</b>	<b>Popis prachových částic</b>
0	Částice neviditelné při zvětšení 10x
1	Částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50 µm v průměru)
2	Částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50 µm a 100 µm v průměru)
3	Částice jasně viditelné prostým okem (částice do 0,5 mm v průměru)
4	Částice mezi 0,5 mm až 2,5 mm v průměru
5	Částice větší než 2,5 mm v průměru



Obr.16 Obrazová stupnice odpovídající množství prachu [21]

## 7.6 Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287

Tato mezinárodní norma stanoví termíny, definice a parametry pro určování struktury povrchu (drsnost, vlnitost, základní profil) profilovou metodou. Princip měření je založen na snímání profilu povrchu materiálu diamantovým snímacím hrotem [22].

Drsnost byla měřena přístrojem Mitutoyo Surftest – SJ-301 dle normy ČSN EN ISO 4287. Tento měřicí přístroj je schopen hodnotit povrchové textury s nejrůznějšími parametry podle různých národních a mezinárodních norem. Naměřené hodnoty profilu drsnosti byly zapsány do tabulky spolu s průměrnými hodnotami a doplněny o grafický záznam profilu drsnosti.

**Parametry struktury povrchu, které byly předmětem měření:**

Ra – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [ $\mu\text{m}$ ]

Rz – největší výška profilu [ $\mu\text{m}$ ]

Rq – střední kvadratická úchylka profilu [ $\mu\text{m}$ ]

Rp – největší výška výstupků profilu [ $\mu\text{m}$ ]

Rv – největší hloubka prohlubní profilu [ $\mu\text{m}$ ]

Rsk – šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie) [-]

Rku – špičatost posuzovaného profilu [-]

Nastavení přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301 :

- měření probíhalo dle ISO 1997,  $\lambda_c = 2,5 \text{ mm}$ ,  $L = 12,5 \text{ mm}$

L – délka měřeného úseku

$\lambda_c$  – filtr profilu , který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti

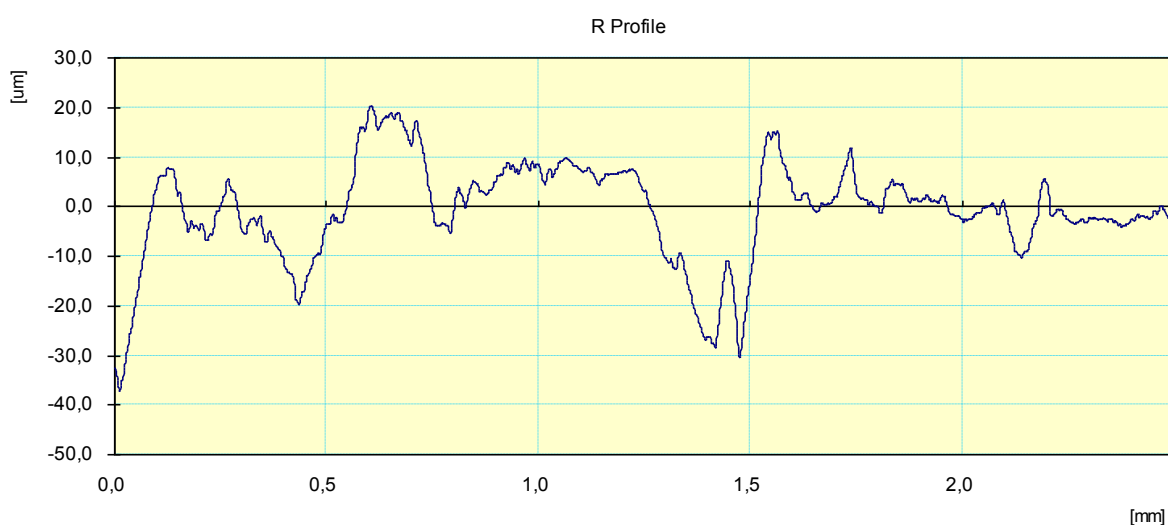
Work Name	Sample	Operator	Mitutoyo
Measuring Tool	SurfTest SJ-301	Comment	Ver2.1
Standard	ISO 97	N	1
Profile	R	Cut-Off	2.5 mm
Range	AUTO	Filter	GAUSS

Obr. 17 Nastavení přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301



Tab.6 Naměřené parametry drsnosti

Počet měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]
1	7,34	44,50	9,39	20,87	23,63	-0,08	3,13
2	6,52	40,0	8,12	19,31	20,69	-0,04	2,9
3	5,29	33,61	6,73	15,16	18,45	-0,24	3,09
4	8,01	45,43	10,32	24,45	20,98	0,34	2,98
5	6,06	35,34	7,88	19,95	15,38	0,72	2,99
6	7,32	39,57	8,91	20,31	19,27	0,10	2,51
7	6,29	37,14	7,77	20,13	17,01	0,30	2,98
8	6,35	33,91	7,55	16,47	17,45	-0,19	2,59
9	6,59	36,43	8,26	17,99	18,43	0,08	2,94
10	7,13	57,52	9,94	20,36	37,16	-1,08	4,71
<b>Průměrné hodnoty</b>	9,69	40,345	8,487	19,5	20,845	-0,009	3,082
<b>Min. hod.</b>	5,29	33,61	6,73	15,16	15,38	-1,08	2,51
<b>Max. hod.</b>	8,01	57,52	10,32	24,45	37,16	0,72	4,71



Obr.18 Grafický záznam profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest – SJ-301

### 7.7 Aplikace transparentního nátěru na roury

Experimentální vzorky byly natřeny příslušným nátěrovým systémem dodaným firmou DENAS COLOR, a.s. Aplikace transparentního nanopovlaku na jednotlivé vzorky byla provedena štětcem a stříkáním ve stříkací kabině. Tloušťka mokré vrstvy povlaku byla 127  $\mu\text{m}$  a průběžně kontrolována hřebenovou měrkou dle ČSN EN ISO 2808.[23]



Obr.19 Hřebenová měrka (rozsah 25-2000  $\mu\text{m}$ ) [23]

### 7.8 Vytvrzování nátěrů

Po natření se vzorky nechaly odstát 1 hod na vzduchu, poté byly vloženy do elektrické pece typu pec PREMED KBC G-100/250. k vytvrzení na 6 hod při 80°C, nakonec byly vzorky vyjmuty z pece a dochlazeny na vzduchu.

## 7.9 Kontrola tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808

Pro stanovení tloušťky suché vrstvy nátěru byla použita nedestruktivní metoda. Určení tloušťky nátěru aplikovaného na zkušební vzorek byl použit digitální přístroj ELCOMETER 456. Toto zařízení pracuje na principu přijímání odražených magnetických vln od kovového povrchu. Hodnota se objeví na displeji hned po dotknutí čidla měřeného povrchu.

Na každém vzorku (vzorek 8N-N a vzorek 8N-S) bylo provedeno celkem deset měření, které byly zapsány do tabulky a následně zprůměrovány.

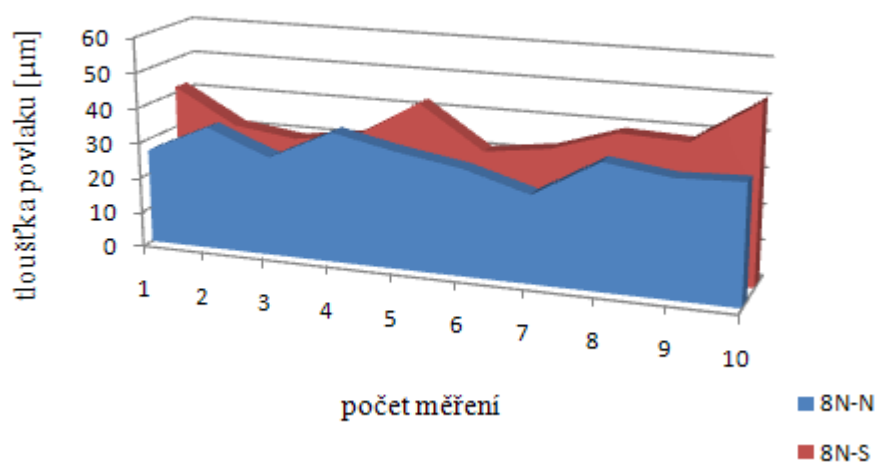


Obr.20 Digitální přístroj ELCOMETER 456 (rozsah 0-1500  $\mu\text{m}$ ) [24]

Tab.7 Měření tloušťky povlaku

Číslo měření [ $\mu\text{m}$ ]											
číslo vzorku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr. hodnoty
8N-N	26,9	35,0	28,0	36,7	32,9	29,9	24,6	35,2	32,7	33,4	31,53
8N-S	41,7	31,8	29,4	32,0	42,7	30,6	33,0	38,9	38,1	50,2	36,84

Graf.1 Tloušťka povlaku



#### 7.10 Zkouška přilnavosti mřížkovou metodou a křížovým řezem dle ČSN ISO 16276-2

Tato norma popisuje postup při hodnocení odolnosti nátěrových systémů do nichž je proveden řez v podobě pravoúhlé mřížky (mřížkový řez) nebo v podobě písmena X (křížový řez) tak, aby řez pronikl až k podkladovému kovu. Výsledky se vyhodnocují podle schématu příslušných jednotlivým metodám (mřížkový řez, křížový řez).[27]

##### Zkušební pomůcky:

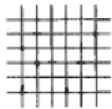
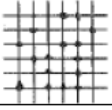
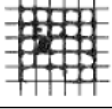

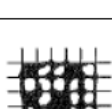
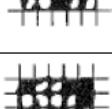
- řezný nůž Elcometer 1542
- vodící šablona
- průhledná samolepící páska šířky 50mm
- měkký štětec
- lupa



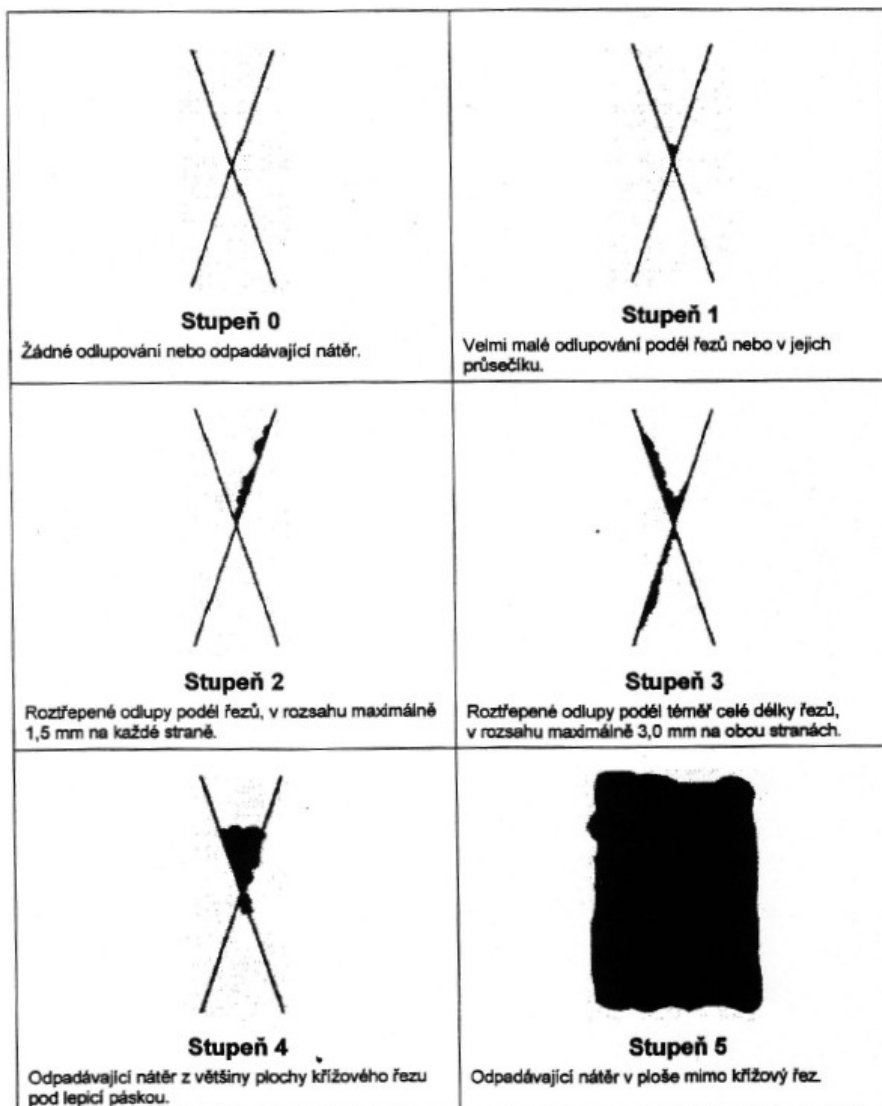
Obr.21 Zkušební pomůcky k mřížkovému a křížovému řezu [25]

### Postup zkoušky

Vzorek se položili na rovnou a stabilní podložku. Speciálním řezným nástrojem jsem provedl celkem šest řezů. Nejdříve byly provedeny řezy horizontálně, pak jsem provedl řezy vertikálně, které byly kolmé na již vytvořené horizontální. Jednotlivé řezy musí být od sebe vzdáleny 1 mm a to z důvodu tloušťky suché vrstvy, která nepřesahuje 60  $\mu\text{m}$ . U křížové zkoušky byl proveden první řez o velikosti 45 mm, k tomuto řezu jsme vytvořili druhý řez pod úhlem 15°. Mřížkové a křížové řezy musí proniknout až k podkladu a musí být ve vzdálenosti nejméně 5 mm od hran. Měkkým štětcem jsem lehce oprášil vyřezané mřížky. Samolepicí pásku jsem nalepil tak, aby pokryla celou plochu řezu. Pro zajištění dobrého kontaktu pásky s nátěrem, jsem přejel pásku konečky prstů. Samolepicí pásku jsem poté sejmul přibližně pod úhlem 60°. Zhodnocení jsem provedl bezprostředně po stažení samolepicí pásky. Klasifikace byla provedena dle ČSN ISO 1627-2, která se odkazuje na ČSN ISO 2409.

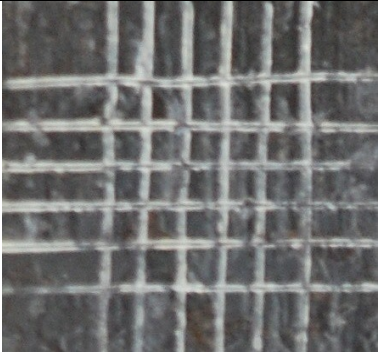
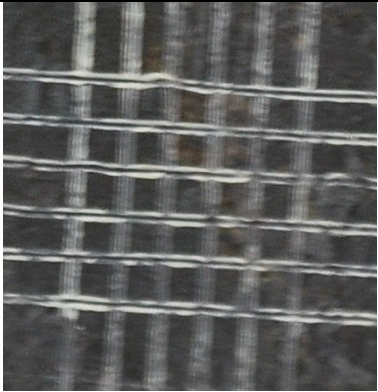
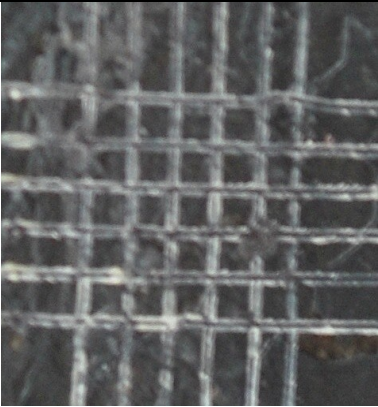
Klasifikace	Popis	Schéma
0	Řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen	
1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozená plocha nesmí přesahovat 5 %	
2	Nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen o více než 5% a méně než 15% celkové plochy	
3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně, nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15%, ale menší než 35%.	
4	Na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35%, ale méně než z 65%.	
5	Změny, které jsou větší než u stupně 4 (více než 65%)	

Obr.22 Klasifikace zkušebních výsledků mřížkové zkoušky [26]




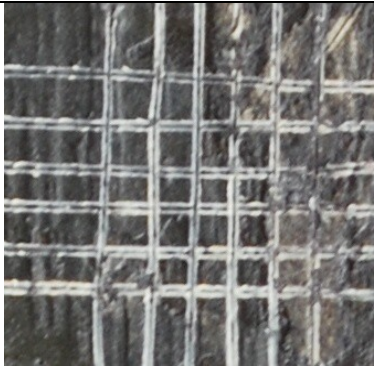
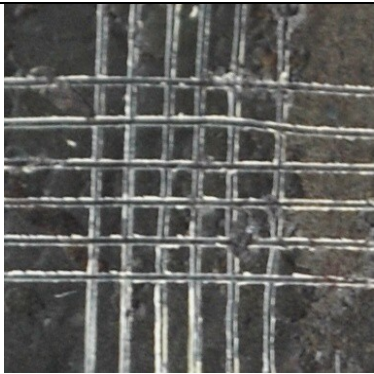
Obr.23 Hodnocení výsledků křížového řezu [26]

Tab.8 Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků 8N-N mřížkovou metodou

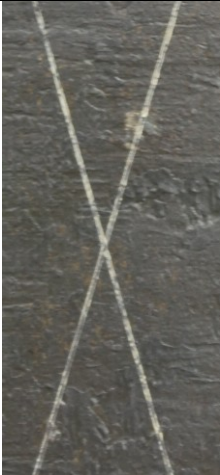


Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození nátěru
8N-N		0
		0
		1






Tab.9 Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků 8N-S mřížkovou metodou

Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození nátěru
8N-S		0
		1
		1

Tab.10 Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků 8N-N křížovou metodou

Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození nátěru
8N-N		0
		1
		0

Tab.11 Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků 8N-S křížovou metodou

Vzorek	Fotodokumentace	Stupeň poškození nátěru
8N-S		0
		1
		0

## 8 DÍLČÍ VYHODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

V mé diplomové práci se zabývám dvěma tématy. Prvním z nich je aplikace transparentního povlaku s přidáním nanočástic fosforečnanu zinečnatého o obsahu 6 - 9% na povrch rour. Druhým pak je navrhnutí technologie aplikace transparentního nanopovlaku včetně projektové studie pracoviště.

### 8.1 Hodnocení povrchu základního materiálu

Jak jsem již uvedl výše, jako experimentální materiál jsem použil ocel S355J2H a jako vzorky byly použity výřezy z bezešvých válcovaných trub za tepla o rozměrech 100 x 150 x 6,3 mm dodaných firmou VÁLCOVNA TRUB TŽ, a.s. Mým úkolem tedy bylo zjistit jaké má výše zmíněná ocel vlastnosti, jako je chemický rozbor povrchu, drsnost povrchu a to dvěma způsoby nanášení štětcem a stříkáním.

### 8.2 Chemický rozbor povrchu vzorků

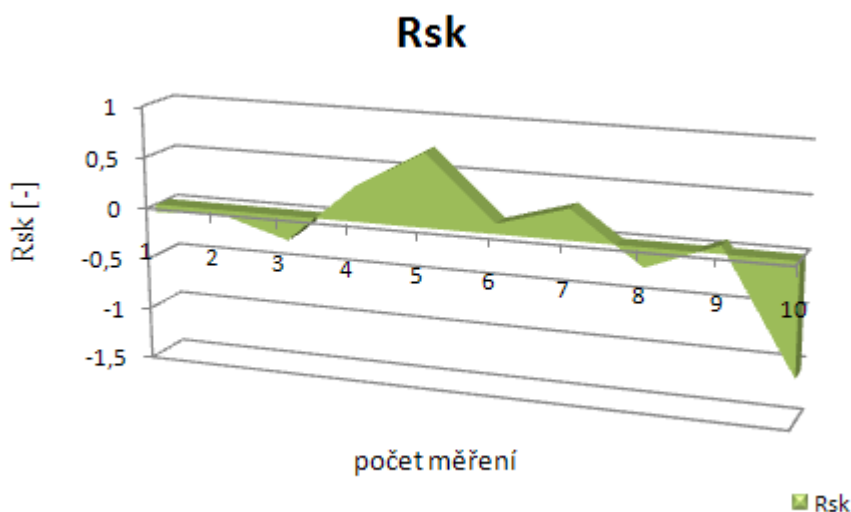
Jedním z důležitých aspektů hodnocení základního materiálu je chemický rozbor povrchu zkušebních vzorků. Tyto rozboru byly provedeny v centru nanotechnologií nacházejícího se ve VŠB-TU Ostrava. Chemické složení vzorku bylo provedeno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30 (SEM mikroskopie). Chemický rozbor nám vykázal hodnoty: O = 34,18 %, Al = 0,64 %, Si = 0,54 %, Mn = 0,81 %, Fe = 63,83 %. Jená se o obvyklé hodnoty tohoto povrchu, kdy přítomnost Al (hliníku) nám značí znečištění zapříčiněného zaprášením, které ovšem je v atmosférickém prostředí zcela normální. Je třeba ještě zmínit, že v chemickém rozboru nebyla zjištěna přítomnost C (uhlíku) a tak můžeme říci, že na povrchu vzorku se nenachází žádné zbytky organických materiálů, jako jsou: mazadla, oleje aj.

Mimo to byl ještě proveden chemický rozbor nanočástic fosfátu zinku. Jednalo se o tyto hodnoty: O = 38,36 %, P = 15,24 %, Zn = 46,40 %.

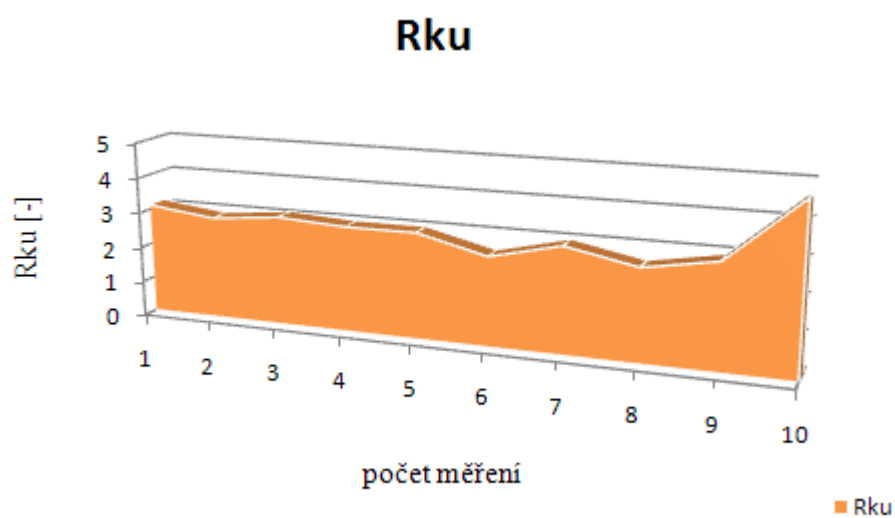
### 8.2.1 Drsnost povrchu vzorků

Další důležitým aspektem při nanášení nátěru je drsnost povrchu. Rozbor drsnosti povrchu jsme provedli na přístroji Mitutoyo Surftest SJ-301. Zde jsme se zaměřili především na dvě konkrétní hodnoty. První z nich byla hodnota  $R_{sk}$  tedy šikmost posouzeného profilu. Pokud u  $R_{sk}$  převažují kladné hodnoty má povrch materiálu více výstupků, je hrubší a tak nám na tomto povrchu lépe ulpívá aplikovaný nátěr. Naopak záporné hodnoty nám vykazují prohlubně, zde neulpívá tak dobře nátěr, zato je zde lepší odolnost vůči mechanickému opotřebení. V našem případě nám tato hodnota vyšla v pěti měření kladná a v dalších pěti záporná, tedy zcela neutrální a tak bychom mohli říci, že je zde určitý předpoklad dobré přilnavosti nátěru, ale i odolnosti vůči mechanickému opotřebení. Druhá hodnota  $R_{ku}$  nebo-li špičatost posuzovaného profilu nám vyjadřuje buďto ostrost (pokud je  $R_{ku} > 3 \mu m$ ) a nebo oblost (pokud je  $R_{ku} < 3 \mu m$ ). Naše hodnoty  $R_{ku}$  se pohybují od  $2,9 \mu m$  do hodnoty  $4,71 \mu m$ . Průměrná hodnota je pak  $3,082 \mu m$  a můžeme tedy říci, že se jedná spíše o zaoblené výstupky, i když nám průměrná hodnota udává, že se jedná o ostrý profil. Je to proto, že hned sedm hodnot z desíti se nedostalo přes hodnotu  $3 \mu m$  a jedna hodnota nám dokonce atakovala dvojnásobnou hodnotu průměru.

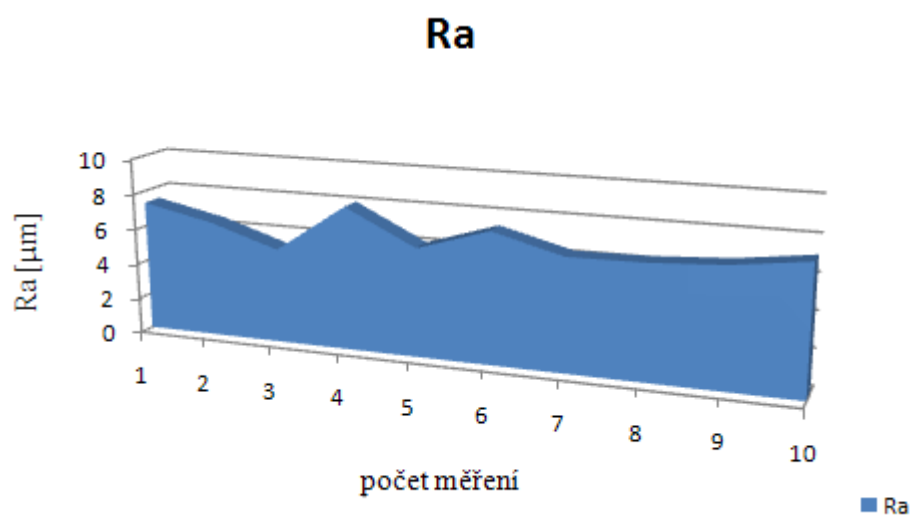
Graf.2  $R_{sk}$  - šikmost posouzeného profilu



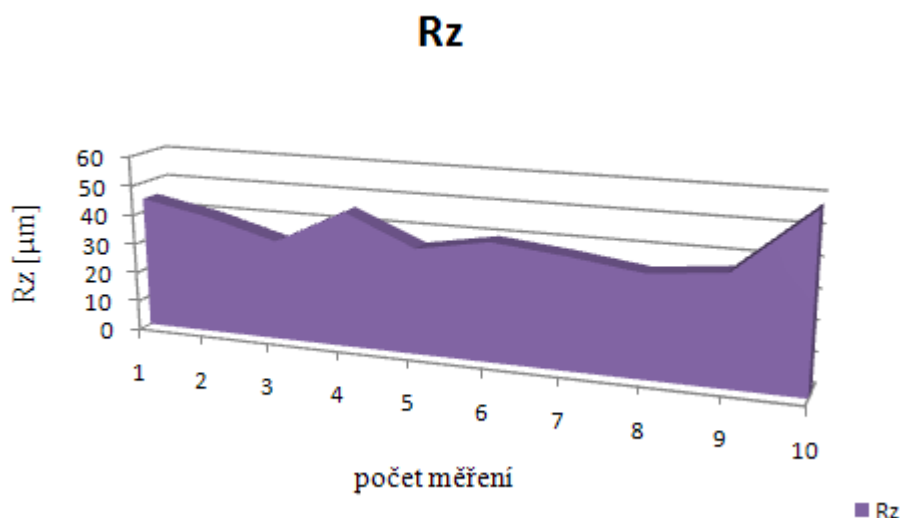
Graf.3 Rku - špičatost posuzovaného profilu



Graf.4 Ra – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu



Graf.5 Rz – součet nevyššího výstupku a nejnižší hloupky



### 8.2.2 Hodnocení zaprášení povrchu

K vyhodnocení této zkoušky jsme použili průhlednou adhezni pásku o šířce 25 mm a bílý papír. Velikost prachových částic vyšla v průměru mezi 0,5 mm až 2,5 mm a stav zaprášenosti dosáhl hodnoty 5. Hodnoty tedy vyšly vysoké a mohly by zapříčinit horší přilnavost nátěru k základnímu povrchu materiálu.

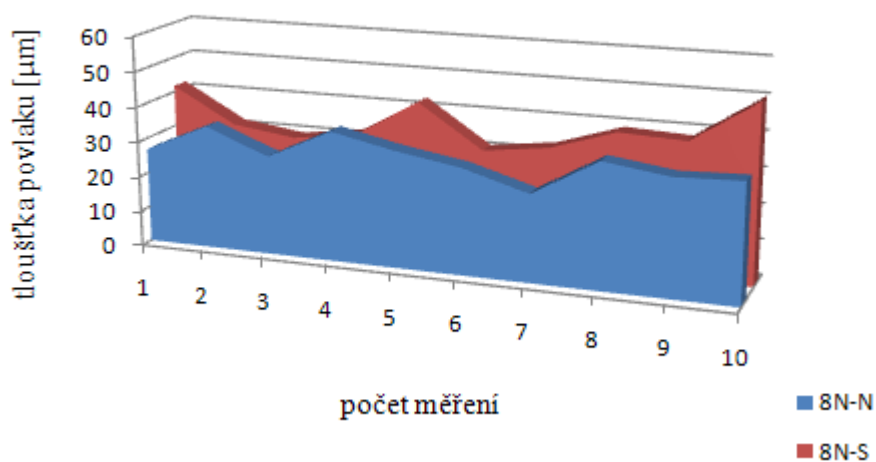
### 8.3 Hodnocení povlaku

V experimentu byl použit jeden typ vzorku z válcované oceli S355J2H. Na tento vzorek byl nanesen transparentní povlak na bázi alkydové pryskyřice s přidávanými nanočásticemi fosforečnanu zinečnatého (s obchodním označením ZP 10) o obsahu 6 - 9%. Byly provedeny dva typy aplikace a to štětcem a nástřikem.

### 8.3.1 Tloušťka suché vrstvy

Pro stanovení tloušťky suché vrstvy jsme použili digitální přístroj ELCOMETER 456. Na vzorcích jsem provedl celkem deset měření. Průměrná hodnota aplikací nástřikem je 31,53  $\mu\text{m}$  a hodnota nanesení štětcem je 36,84  $\mu\text{m}$ . Můžeme tedy vidět, že vrstva aplikovaná nástřikem je o něco nižší než vrstva aplikovaná štětcem. Po porovnání jednotlivých hodnot tloušťky povlaku je zřejmé, že povlak nanesený nástřikem vykazuje daleko menší rozdíly, co se tloušťky povlaku týče v jednotlivých měřeních. Z toho nám tedy plyne, že aplikace povlaku prostřednictvím nástřiku je daleko rovnoměrnější a tedy i vhodnější.

Graf.6 Tloušťka povlaku

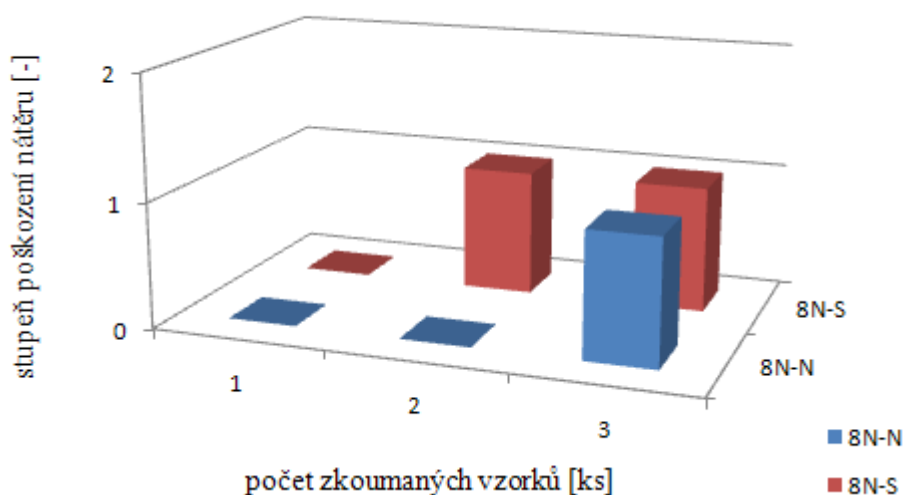




### 8.3.2 Mřížková zkouška

Díky této zkoušce jsem schopen určit kvalitu přilnavosti (adheze) barvy k základnímu povrchu materiálu. Výsledky mřížkové zkoušky jsem zahrnul do grafů.

Graf.7 Mřížková zkouška nátěrů 8N-N a 8N-S

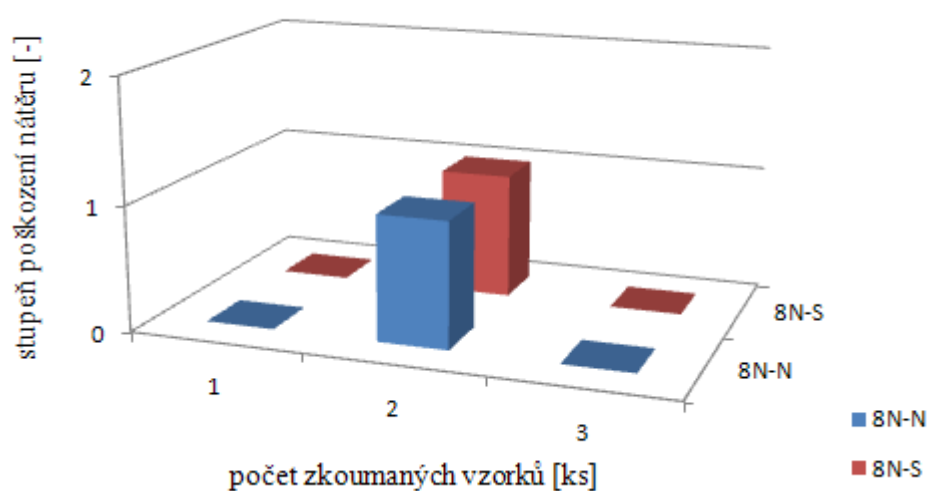


Z grafu.7 můžeme vyčíst, že klasifikace mřížkové metody nepřesáhla 1. stupeň. Tedy nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží a poškozená plocha nepřesahuje 5 %. Lépe nám tato zkouška vyšla u vzorků, kde se nátěrový systém aplikoval nástřikem. Zde můžeme odkázat na tloušťku povlaku, která u nástřiku vyšla rovnoměrněji a tak snižuje náchylnost k odloupení nátěru z povrchu. Přesto můžeme konstatovat, že adheze je na dobré úrovni.

### 8.3.3 Křížová zkouška

Jedná se o zkoušku, která ve své podstatě plní stejnou funkci jako mřížková zkouška a to kvalitu přilnavosti (adheze).

Graf.8 Křížová zkouška nátěrů 8N-N a 8N-S



Z grafu.8 vidíme shodné výsledky jak u aplikace nástřikem tak i u aplikace nátřením štětcem. Opět se nedostáváme nad hodnotu klasifikace 1, tedy velmi malých odlupů podél řezu nebo v jejích průsečíku. I u této zkoušky nám tedy vyšla velmi dobrá adheze.

## 9 PROJEKTOVÁ STUDIE PRACOVISTĚ

Cílem diplomové práce je navrhnout projektovou studii lakovny rour. V současné době na základě rozboru současného stavu bylo zjištěno, že se vyrábí roury o průměru 21,3 mm do průměru 140 mm a od průměru 140 mm do průměru 273 mm v délkách 6 až 12,5 m z materiálu S355J2H. Pro správné použití roury při montáži je každý výrobek popsán potřebnými texty (označení), aby tento text byl čitelný a nedošlo ke zkorodování kovového substrátu. Provádí se tato povrchová ochrana transparentním nátěrem, který můžeme lehce pigmentovat. Po expedici je zboží uloženo v přístavech, kde je vystavena mořské vodě a sněhu, tedy v prostředí C5. Potřebná ochranná vrstva suchého nátěru by měla být min. 25  $\mu\text{m}$  a max. 70  $\mu\text{m}$ . Požadavek odběratele na výdrž ochranné vrstvy je 3 až 6 měsíců.

Experimentální zkoušky prokázaly, že zvolená aplikace nanopovlaku na roury se jevila jako nejvhodnější, proto se bude projektová studie lakovny zabývat návrhem technologie aplikace nanopovlaku na roury o průměru 273 mm v délce 6 m prostřednictvím vysokotlakého stříkání.

### 9.1 Popis návrhu technologie procesu

Roury po vyválnování z materiálu S355J2H jsou skladovány v prostorách S1, kde jsou připraveny k následnému procesu lakování a jsou zde také označeny příslušným býlím popisem. Pomocí válečkového dopravníkového systému jsou nejprve dopravovány k povrchové úpravě kartáčováním, kde jsou pomocí kartáčovacího zařízení povrchově očištěny od rzi a následně vzduchově ofukovány. Po úpravě jsou roury přesunuty na další část válečkového dopravníku, kde jsou již pomocí zaměstnance lakovny zavěšeny na podvěsný dopravník a přepraveny do stříkací komory, kde jsou bezvzduchově stříkány ze čtyř směrů daným nátěrovým systémem při rychlosti dopravníku 1 metr za 1 minutu tak, abychom zajistili nástřik požadované tloušťky mokré vrstvy 230  $\mu\text{m}$ . Po ukončení stříkání trvá rourám 18 minut, než dorazí k dalšímu procesu. Během této doby nátěr dostatečně zaschne tak, aby mohl podstoupit další etapu a tou je sušení v tunelové peci při teplotě 70°C po dobu 20 minut. Po vyjetí z pece trvá rouře 31 minut, než dojde na konec poděsného systému (PS). Tam jsou zchladlé roury sundány a následně svazkovány do šestihranů zhruba po 30 kusech. Po svazkování jsou pak skladovány v prostorách S2, kde jsou již připraveny k expedici. Držáky rour z poděsného dopravníku (PS2) jsou poté dopravovány zpět k válečkovému dopravníku,

kde jsou zase použity k uchycení povrchově upravených rour určených k dalším úpravám. Nutno ještě dodat, že velikost rozestupů mezi jednotlivými rourami je jeden metr.

### 9.1.1 Dopravníkový systém

Budou se využívat dva druhy dopravníkových systémů a to válečkovitého a podvěsného.

#### Válečkový dopravníkový systém

Jsou mechanické dopravníky s řadou válečků pro posuv kusového materiálu. Pohyb dopravovaného materiálu probíhá vlastní hmotností nebo nucenou - pohonem válečků (gravitační/poháněné) [30]. V našem případě se bude jednat o pohyb nucený s řetězovým kolem pro pohon řetězem.



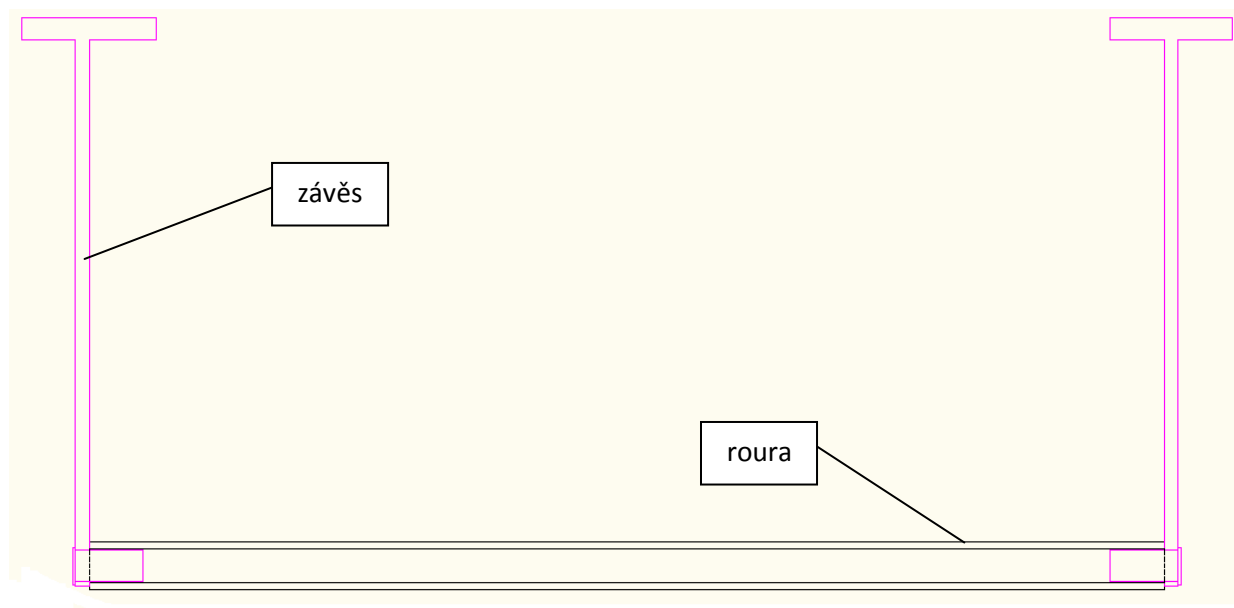
Obr.24 Detail na pohon válečkové trati [14]



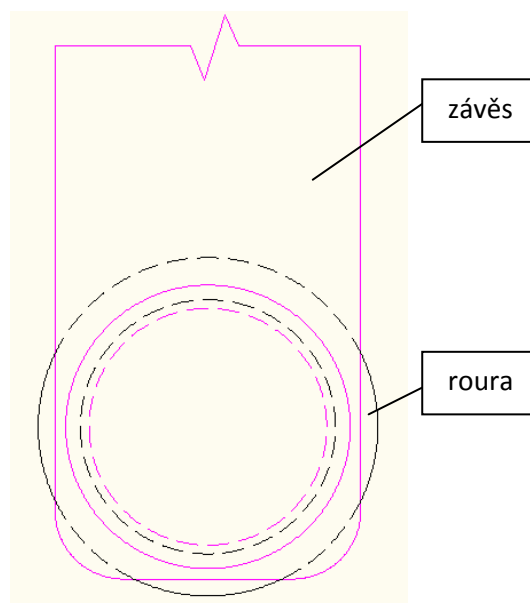
Obr.25 Válečková trať [14]

### Podvěsný dopravníkový systém

Tento dopravníkový systém zajišťuje dopravu povrchově upravovaných dílů jednotlivými technologickými zařízeními. Trasu dopravníku, vedenou nad linkou a v prostorách určených ke schnutí rour, tvoří vedení s řetězem, které má nástavce pro závěsy provedeny ve spodní straně. Rychlost pohybu dopravníku je možné plynule regulovat. Pohon dopravních řetězů je zabezpečován pomocí pohonných jednotek, které zajišťují rovnoměrný posuv dopravního řetězu. Dopravníky jsou dále vybavovány moderním zařízením pro automatické pulzní mazání řetězu. Nastavení požadovaného předpětí řetězu je zajišťováno pomocí pneumaticky řízené napínací stanice. [15]



Obr.26 Zavěšená roura



Obr.27 Pohled z boku

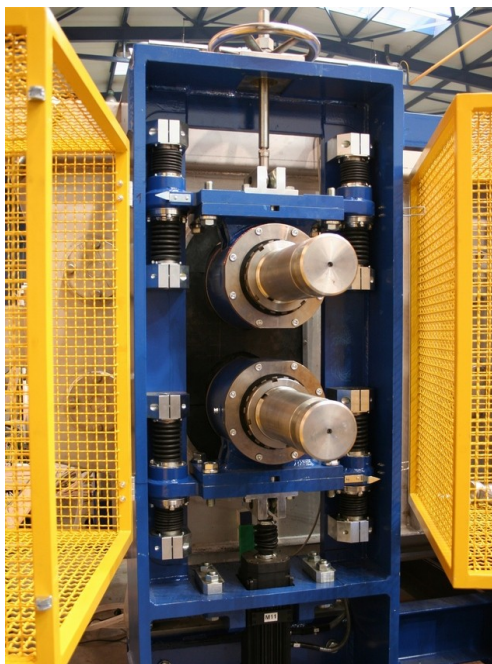
### 9.1.2 Předúpravy povrchu

#### Kartáčování

Volba kartáčovacího stroje pro předúpravu povrchu rour před aplikací transparentního povlaku byla zvolena od firmy Kovofiniš, která vyrábí brousící zařízení pro mechanickou povrchovou předúpravu trub, který také vyrobila pro ruskou společnost VIZ-STAL, Jekatěrinburg.



Obr.28 Kartáčovací zařízení [27]



Obr.29 Boční pohled na kartáčovací zařízení [27]

#### Čištění povrchu po kartáčování tlakovým vzduchem

Po kartáčování je třeba roury zbavit nečistot, které ulpěly na povrchu. Vhodným způsobem je vzduchový ofuk. Na tuto operaci jsem zvolil vícečetné tryskové vzduchové nože WindJet od firmy Spraying Systems. Na trubce (buď z hliníku či nylonu) jsou upevněny vzduchové trysky WindJet typ 727. Trysky vytvářejí pevně spojený plochý vzduchový paprsek s velkou ofukovou silou. Vzduchové nože neposkytují pouze rovnoměrné rozložení vzduchového paprsku, nýbrž také dosahují vyšší ofukové síly než ostatní vzduchové nože. Sílu ofuku lze regulovat pro náš účel navrhuji tlak 0,7 MPa.[16]





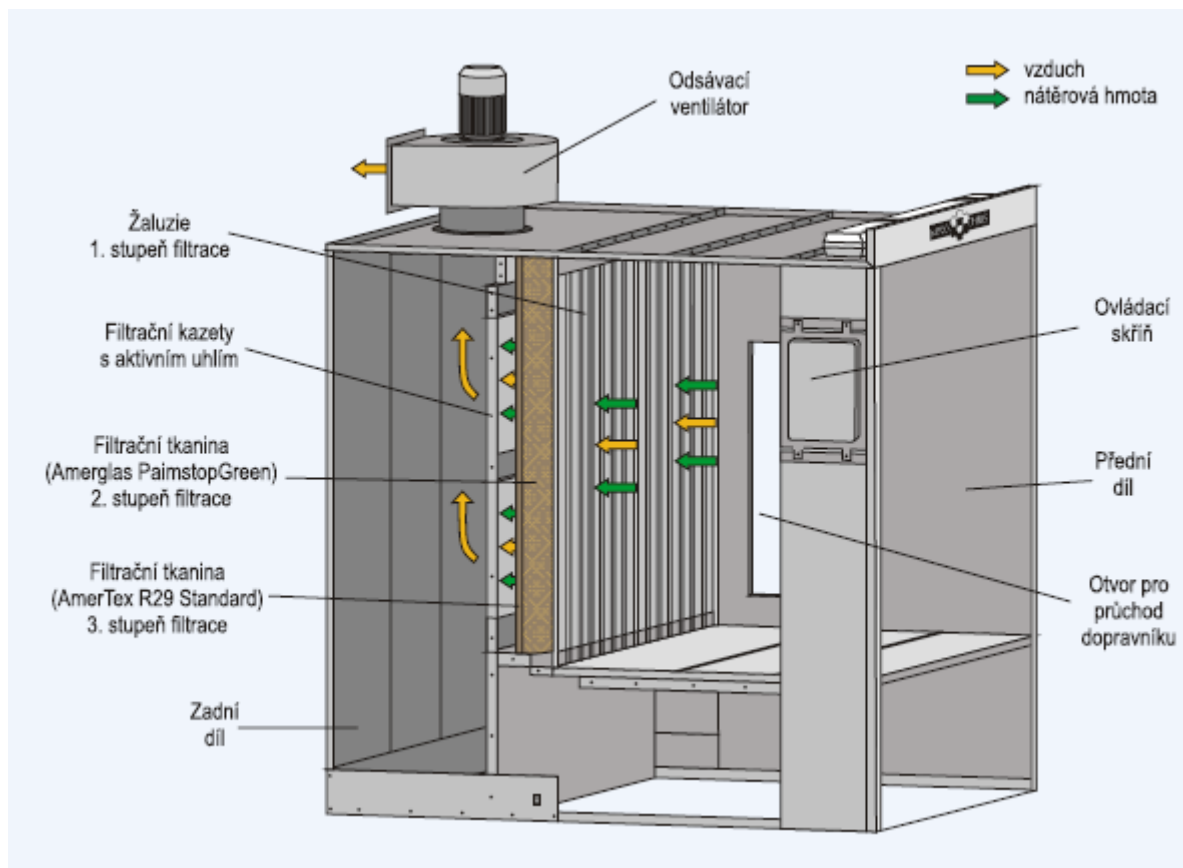
Obr.30 Vzduchová tryska WindJet typ 727 [16]



Obr.31 Vzduchové trysky na trubce [16]

### 9.1.3 Lakování

Pro lakování bude navržena lakovací komora se suchým odlučovacím systémem USB. Ventilátor je umístěn na horní straně kabiny a je poháněn elektromotorem. Elektroinstalace se skládá z ovládací skříně, která bývá většinou umístěna na přední straně kabiny. Obsahuje prvky zajišťující automatickou kontrolu zanesení filtrů. Filtrační systém je řešen jako třístupňový.



Obr.32 Lakovací kabina [27]

#### 9.1.4 Sušení

Sušení probíhá ve třech fázích. První fáze probíhá bezprostředně po nastříkání, která trvá 10 minut a je prováděna na volném vzduchu. Poté jsou roury dopravovány do tunelové pece, kde jsou sušeny pod teplotou 70 °C. Sušení v peci trvá jedné rourě 25 minut, kdy 5 minut zabere přehřev, 20 minut ohřev a dalších 5 minut bude trvat dohřev. Následně jsou roury ochlazovány na vzduchu po dobu 30 minut.

#### Tunelová průchozí pec

Tunelová průchozí pec s regulovanou teplotou sestavená firmou EKOL. Jedná se o tunelovou průjezdní vypalovací pec, kde je její konstrukce tvořena soupravou izolovaných panelů, které dělí vnitřní prostor k sušení a vypalování nátěrového systému. Topná jednotka je

umístěná na konci pece, topné médium je zemní plyn. V peci jsou umístěny oběhové ventilátory a teplovzdušný výměník. Pec pracuje tak, že ventilátory nasávají vzduch z pracovního prostoru přes teplovzdušný výměník a ženou jej do potrubí, odkud je hnán stavitelnými výdechy do pracovního prostoru. Princip intenzivního proudění vzduchu zajišťuje rovnoměrné rozložení teploty v celém vnitřním prostoru vypalovací pece. Pec má při vstupu nalakovaných dílů do vypalovací zóny vzduchový uzávěr. Teplota v peci je řízena regulátorem, který je napojen na teplotní čidlo, které teplotu reguluje. Překročení havarijní teploty tj. max 205 °C, hlídá havarijní termostat. Na teplovzdušný výměník je napojen hořák Weishaupt a z protilehlé strany je vyústěno potrubí pro odvod spalin. Teplotní rozsah do 200 °C, v našem případě je teplota nastavena na 70 °C. Rozměr vypalovací zóny (bez prostoru vzduchového uzávěru) je 20 metrů.[17]



Obr.33 Tunelová pec [18]

## **9.2 Zabezpečení haly lakovny**

### **9.2.1 Odvětrávání haly lakovny**

Hala je vybavena centrálním tlakovým větráním. Je zde umístěno pět sacích a pět odsávacích ventilátorů díky nim je hala dostatečně odvětrána. V případě poruchy nebo výpadku elektrotechniky jsou otevřeny dveře, díky nimž je přiváděn do haly čerstvý vzduch z venku. Provětrávání celé lakovny musí odsávat znečištěný vzduch. Přebytečná barva, která neulpí na povrchu stříkaného tělesa a přestříky jsou odsávány a zachycovány na filtračních patronách umístěných v žlabu pod komorou po celé délce roury. Tyto patrony zadržují barvu tak aby nemohla proniknout do filtračního média a zůstanou odloučené na povrchu patrony. Odsávaný vzduch je veden potrubím do filtračního systému. Výkonný ventilátor umístěný na konci systému zajišťuje správný výkon odsávání. Vzduch z filtračních patron je vrácen zpět do haly přes ventilátor a filtrační vak. Filtrační patrony se po zanesení vyměňují.

### **9.2.2 Požární systém lakovny**

Nejdůležitější částí k zabezpečení lakovny je stříkácká kabina, kde je největší nebezpečí vzniku požáru a jeho rozšíření. Dále jsou po hale rozmístěny hasící přístroje.

Stříkácká kabina bude monitorována určitým počtem IR detektorů plamene pro rychlou detekci požáru. Detektory jsou zapojeny ve dvou liniích, aby došlo k eliminaci náhodného spuštění hasícího média. Pokud by se stalo, že jeden z detektorů zaznamená požár uvnitř stříkácké kabiny, předá informaci řídicí centrále, která vydá akustický signál „PŘEDALARM“. Jestliže požár bude zaznamenán dalším detektorem po dobu delší, než je doba nastavená v řídicí centrále, bude vyhlášen signál „ALARM“, řídicí centrála vypne příslušné technologie a celá kabina bude zaplavena hasícím médiem.[19]

Únikové východy haly lakovny

Úniková cesta je komunikace, která umožňuje bezpečnou evakuaci osob ze stavby nebo z její části ohrožené požárem na volné prostranství, kde nemohou být ohroženi.[34] V hale budou zvoleny celkově čtyři únikové východy plus čtyři rampy, takže je k dispozici celkově osm únikových možností v případě požáru.

**Rozměry lakovací linky**

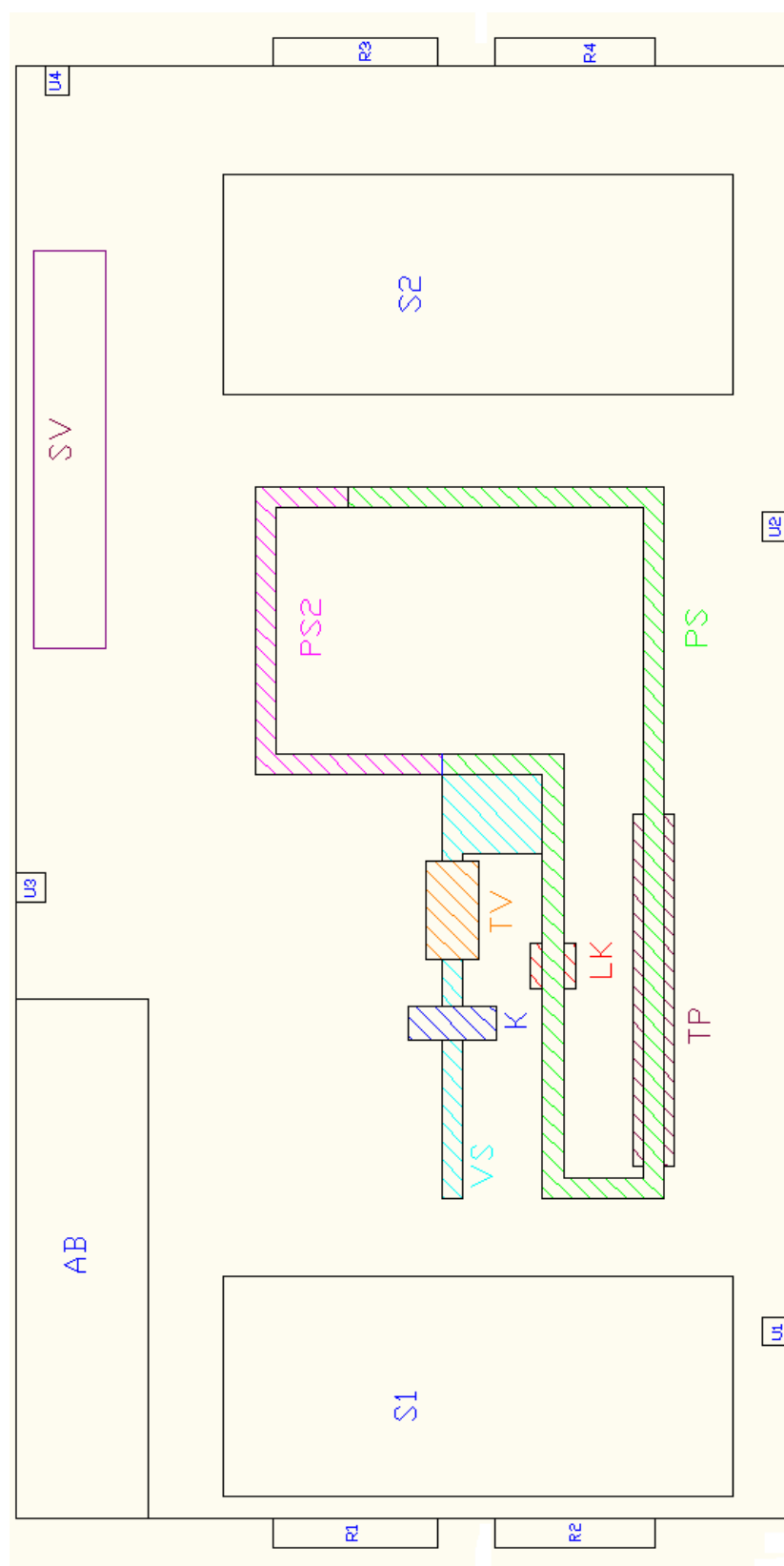
Půdorys lakovny je obdélníkového tvaru o rozměrech 100 m x 40 m. Podstatnou část lakovny zabírá lakovací linka sestavena z pásového a podvěsného dopravníkového systému. U pásového dopravníkového systému je velikost 27 m. V oblasti kde jsou roury upevňovány k poděsnému dopravníku je velikost válečkové tratě 4 m. Zde se podvěsný systém na linku napojuje a ten pak prochází lakovnou, celková délka v tomto směru je 27 m. Dalších 5 metrů trvá poděsnému systému než dopraví rouru do tunelové pece, která je dlouhá 25 metrů. Po vyjetí z pece absolvuje 31 metrů (během této doby probíhá potřebné 30 minutové zchladnutí), než bude sundána a svazkována.

Tab.12 Charakteristické údaje linky

<b>Rychlost linky</b>	1 m/1 min
<b>Celková doba procesu na jednu rouru</b>	112 min
<b>Počet rour za 7 hodin</b>	196

Rychlost linky je 1 m/1 min a je nastavena tak, aby odpovídala rychlosti ostatních zařízení nacházejících se na lince (kartáčování, ofuk, lakovací kabina, pec). Od vložení roury na linku po její konečné svazkování uběhne 112 minut. Našimi výpočty jsme se tedy dostali k tomu, že za jednu směnu, tedy za sedm hodin, jsme schopní nalakovat 196 rour.

### 9.3 Schéma lakovny



Obr.34 Schéma lakovny

Tab.13 Popis lakovny

<b>Označ. prac.</b>	<b>Název prac.</b>	<b>Označ. prac.</b>	<b>Název prac.</b>
<b>R1,R2,R3,R4</b>	Rampy	<b>PS</b>	Podvěsný dopravníkový systém
<b>U1,U2,U3,U4</b>	Únikové východy	<b>PS2</b>	Podvěsný dopravníkový systém bez rour
<b>AB</b>	Administrativní budova	<b>K</b>	Kartáčovací stroj
<b>S1</b>	Skladovací prostor určený k příjmu	<b>TV</b>	Ofuk tlakovým vzduchem
<b>S2</b>	Skladovací prostor určený k expedici	<b>L</b>	Lakovací komora
<b>SV</b>	Svazkování rour	<b>TP</b>	Tunelová průchozí pec
<b>VS</b>	Válečkový dopravníkový systém		

## 10 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá problémem aplikace transparentního nanopovlaku na roury včetně projektové studie pracoviště.

Nanotechnologie je poměrně novým vědním oborem, který v posledních letech nabývá velkého významu, ale i svého rozmachu, který můžeme pozorovat prakticky na každém rohu. Tímto vědním oborem se můžeme potkat například ve zdravotnictví, potravinářství nebo ve strojírenství. Velký význam má nanotechnologie právě v povrchovém inženýrství, pod kterou právě spadá i moje práce.

V teoretické části se zabývám problémem aplikace nátěru na povrch. Ta tedy zahrnuje vlastnosti základního materiálu jako je drsnost, mikrogeometrie. Dále pak předúpravami základního materiálu a aplikací nátěrových hmot. V neposlední řadě pak nátěry samotnými. Zde rozebírám především antikorozi pigmenty, jejich druhy a vlastnosti. V této části se zmiňuji i o antikorozi pigmentu fosforečnanu zinečnatém. Poslední kapitola je pak věnována nanopovlakům a jejich vlastnostem.

V experimentální části jsem provedl rozbor základního materiálu. Chemický rozbor prokázal, že povrch neobsahuje žádné organické zbytky materiálu. Díky dalším rozborům jsem zjistil, že povrch je tvořen jemnými výstupky a drobnými prohlubněmi v poměru 1:1. Špičatost profilu materiálu je zaoblená. Jediným kontroverzním výsledkem byla zaprášenost povrchu, která vyšla poměrně vysoká. Díky těmto zjištěním můžeme hovořit o dobrých předpokladech přilnavosti nátěru k základnímu povrchu. Při hodnocení povlaku jsem zkoumal tloušťku suché vrstvy. Tloušťka vrstvy aplikovaná nástřikem (8N-N) byla rovnoměrnější než tloušťka vrstvy aplikovaná štětcem (8N-S) a tedy i vhodnější. U zkoušky přilnavosti mřížkovou metodou nám přilnavost vyšla lépe u vzorků, na které byl nátěrový systém aplikován nástřikem, ovšem nutno podotknout, že se nejedná o nijak podstatný rozdíl. Zkouška přilnavosti křížovým řezem vyšla u obou technologií aplikace nátěru shodně a nepřesáhla první stupeň klasifikace podobně jako u křížové metody. Tyto dobré výsledky můžeme také přisoudit nanočásticím fosfátu zinku, které ovlivnili dobrou přilnavost nátěru.

Na základě dosažených výsledků můžeme konstatovat, že aplikace transparentního povlaku na bázi alkydové pryskyřice s obsahem 6 - 9 % nanočástic fosforečnanu zinečnatého na povrch válcovaných trub je vhodnější pomocí nástřiku s velmi dobrou adhezí.



Z výsledků experimentálních zkoušek nám vychází, že má lepší vlastnosti technologie stříkáním. Čili na základě těchto výsledků jsem navrhoval projektovou studii pracoviště lakovny, kde se bude povlak aplikovat nástřikem. V této studii popisují celkovou technologii lakování, od vložení povrchově neupravené roury na linku, až po její finální nalakovanou formu. Dále zde popisují vybavení a složení linky. Z projektové studie pracoviště nám vyplývá, že je vhodné použít dopravník válečkový spolu s podvěsným systémem, kartáčovací zařízení, vzduchové trysky, lakovací komorou a tunelovou pec i s tím, že celková doba procesu vyšla 112 minut na jednu rouru o průměru 273 milimetrů a délce 6 metrů. Na základě toho je možné zhotovit 196 kusů rour v jedné směně.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KRAUS, V.: [online]. 2011 [cit. 2011-03-11] *Povrchy a jejich úpravy*. Dostupné z WWW: <<http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>>.
- [2] PODJUKLOVÁ, J.: *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty, VŠB – TU Ostrava, 1994, 1. vydání, 71s., ISBN 80-7078-235-8
- [3] Katedra strojírenské technologie technické univerzity v Liberci [online]. 2011 [cit. 2011-03-12]. *Povrchy povlaků - mikrogeometrie*. Dostupné z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/spt/povrchy%20povlaku.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/povrchy%20povlaku.pdf)>.
- [4] FILIPOVÁ, M., PODJUKLOVÁ, J., SIOSTRZONEK, R.: *Vliv změny drsnosti povrchu na přilnavost organických povlaků*. METAL 2007, 22.-24.5.2007, Hradec nad Moravicí.
- [5] I.D.D. abrasive s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2011-03-12]. *Výroba ocelových a litinových granulátů*. Dostupné z WWW: <<http://idda.cz/oceloved.htm>>.
- [6] KALEDOVA, A., KALENDA, P.: *Technologie nátěrových hmot : Pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot. 1. vyd.* Pardubice : Univerzita Pardubice, 2004. 328 s. ISBN 80-7194-691-5.
- [7] Katedra stavebních hmot a hornického stavitelství VŠB TU Ostrava [online]. 2011 [cit. 2011-03-14]. *Minerální pigmenty a barviva*. Dostupné z WWW: <[http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/pigmenty\\_barviva.html](http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/pigmenty_barviva.html)>.
- [8] Advanced materials [online]. 2011 [cit. 2011-03-14]. *Výzkum-vývoj-výroba*. Dostupné z WWW: <[http://www.advancedmaterials1.com/index\\_soubory/Page1078.htm](http://www.advancedmaterials1.com/index_soubory/Page1078.htm)>.
- [9] TULKA, J.: *Povrchové úpravy materiálů*. 1. vyd. Brno: VUT, 2005. 108 s. ISBN 80-214-3062-1.
- [10] ireceptář [online]. 2011 [cit. 2011-03-17]. *Hostagrund 2 v 1*. Dostupné z WWW: <<http://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/hostagrund-2-v-1-zakladni-i-vrchni-barva-na-zelezo/?pid=8187>>.

- [11] BARABASZOVÁ K.,: *Nanotechnologie a nanomaterialy* 2006 ISBN 80-248-1210-X.
- [12] KUBÁTOVÁ J.: *Sociálně ekonomické aspekty odpovědného výzkumu, výroby a užití nanomateriálu (EU PROJEKT FramingNano)*, Technologické centrum AV ČR.
- [13] CHALUPA O.: *Studium ochranných povlaků na bázi nanočástic*. Ostrava: 2009, 46 s.  
Diplomová práce na VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, katedra mechanické technologie, vedoucí bakalářské práce Podjuklová J.
- [14] TTR, s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2011-03-18]. *Válečkové tratě*. Dostupné z WWW: [http://www.ttr.cz/valeckove\\_trate.html](http://www.ttr.cz/valeckove_trate.html).
- [15] TECA-BRNO s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2011-03-18]. *Podvěsné dopravníky*. Dostupné z WWW: <http://www.teca.cz/>.
- [16] MM Průmyslové spektrum [online]. 2011 [cit. 2011-03-18]. *Vzduchové trysky přinášejí mnoho výhod*. Dostupné z WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vzduchove-trysky-prinaseji-mnoho-vyhod>.
- [17] Salum [online]. 2011 [cit. 2011-03-18]. *Prášková lakovna*. Dostupné z WWW: <http://www.salum.cz/index.php/praskova-lakovna-praskove-lakovani-komaxitovani-komaxit/praskova-lakovna-praskove-lakovani-komaxitovani-komaxit-technologie>
- [18] Jeti a.s. [online]. 2011 [cit. 2011-03-18]. *Průjezdni pece*. Dostupné z WWW: <http://www.jetti.cz/sortiment/susky-pece-a-vytekaci-tunely/prujezdni-pece.htm>.
- [19] SOSNOVÁ, H.: *Hodnocení vrypové zkoušky světelnou a řádkovací elektronovou mikroskopií*, METAL 2006, 23.-25.5.2006, Hradec nad Moravicí.
- [20] ČSN EN ISO 8501-1 : *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - vizuální hodnocení čistoty povrchu - Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků*. Praha : Český normalizační institut, Listopad 2007. 16 s.
- [21] ČSN ISO 8502-3 : *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu - Část 3: Stanovení*

- prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání*. Praha : Český normalizační institut, Srpen 1999. 12 s.
- [22] ČSN EN ISO 4287 :*Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – struktura povrchu: Profilová metoda – termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha : Český normalizační institut, Březen 1999. 22 s.
- [23] ČSN EN ISO 2808 :*Nátěrové hmoty – stanovení tloušťky nátěru*. Praha : Český normalizační institut, Říjen 2007. 40 s.
- [24] PAINT PRO [online]. 2011 [cit. 2011-03-23]. *PaintPRO Current Issue — Toolbox*. Dostupné z WWW: <[http://www.paintpro.net/Articles/PP706/PP706\\_Toolbox-Elcometer\\_456.cfm](http://www.paintpro.net/Articles/PP706/PP706_Toolbox-Elcometer_456.cfm)>.
- [25] Gtech [online]. 2011 [cit. 2011-03-28]. *elcometr*. Dostupné z WWW: <<http://www.gtech.com.vn/?f=Product&p=308>>.
- [26] ČSN EN ISO 16276-2 : *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – hodnocení a kritéria přijetí adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha : Český normalizační institut, Leden 2008. 16 s.
- [27] Kovofiniš [online]. 2011 [cit. 2011-03-28]. *Kovofiniš*. Dostupné z WWW: <<http://www.kovofinis.cz/>>.
- [28] BRYCHTA, J., ČEP, R., NOVÁKOVÁ, J., PETŘKOVSKÁ, L.: *Technologie II - 2. díl*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1641-8
- [29] MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1217-7

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1 – Schéma lakovny

Příloha č. 2 – Materiálový list ZP10